



EESTI MAAÜLIKOOL

Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Allar Rosenberg

HIRSS KUI UUS PÕLLUKULTUUR EESTIS
PROSO MILLET AS NOVEL CROP FOR ESTONIA

Bakalaureusetöö

Põllumajandussaaduste tootmise ja turustamise õppekava

Juhendajad: Eve Runno-Paurson, *dotsent*

Peeter Lääniste, *MSc*

Tartu 2021

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Allar Rosenberg		Õppekava: Põllumajandussaaduste tootmine ja turustamine	
Pealkiri: Hirss kui uus põllukultuur Eestis			
Lehekülgi: 42	Jooniseid: 14	Tabeleid: 1	Lisasid: 2
Osakond: Taimekasvatuse ja taimebioloogia			
ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood:			
Taimekasvatus, aiandus, taimekaitsevahendid, taimehaigused, B390			
Juhendaja(d): Eve Runno-Paurson (Dotsent),			
Peeter Lääniste (MSc)			
Kaitsmiskoht ja aasta: Tartu 2021			
<p>Seoses rahvaarvu pideva suurenemisega on järjest olulisemaks muutumas toidukultuurid, mis on ilmastiku tingimuste suhtes vähem nõudlikud, suure toitainete ja vitamiinide sisaldusega ning hea orgaaniliste ja mineraalväetiste kasutamise võimega.</p> <p>Töö eesmärgiks oli uurida Eesti tingimustes hirsi saagi ja saagi struktuuri elementide kujunemist erinevate külvisi ja väetamise normide korral. Sooviti leida optimaalseid väetamise ja külvisinorme ning uuriti kultuuri kasvatamise sobivust Eesti tingimustes. Töö tulemusena vastas autor küsimustele: “Milline on Eesti tingimustes, hirsi kasvatamiseks optimaalseim külvisinorm ja väetamise norm?</p> <p>Bakalaureusetöö koosneb kahest osast. Esimene osa on teoreetiline ja sisaldab hirsi kasvatusnõudeid, kasutusvõimalusi, tähtsust maailmas, agrotehnikat ja teisi eelnevalt maailmas uuritud andmeid hirsi kohta. Lühike ülevaade tehti ka hirsi kahjustajate kohta. Uurimustöö teine osa on praktiline, mille käigus planeeriti ja rajati põldkatse ning teostati kasvuaegsed vajalikud hooldustööd (väetamised ja umbrohutõrje).</p>			

Tööl oli kaks hüpoteesi. Esimeseks hüpoteesiks oli, et külvisenorm mõjutab oluliselt hirsi saaki ja kõiki saagi struktuuri elemente. Teiseks hüpoteesiks oli, et väetamine kompleks väetisega mõjutab oluliselt saaki ja kõiki saagstruktuuri elemente.

Töö tulemusena pidasid mõlemad hüpoteesid paika osaliselt, sest 1000 seemne massi muutustega ei omanud usutavat seost ei külvisenormid ega väetamise normid. Kõige optimaalsemaks külvisenormiks osutus katse põhjal 40 kg ha⁻¹ ja väetusnormide katsest selgus, et saagikus ja teised näitajad küll paranesid väetustaseme suurenedes, kuid suurem positiivne muutus saagistruktuuri elementide osas esines 75 N kg ha⁻¹ väetamise normini.

Kokkuvõtvalt võib töö tulemuste põhjal öelda, et hirssi on Eesti tingimustes võimalik edukalt kasvatada. Kindlasti on hirsi puhul tegemist uue ja huvitava kultuuriga, mis vääriks edasisi uuringuid nii bakalaureusetöös käsitletud teemades, kuid ka näiteks seemne kvaliteedi aspektides ja soovitada kasvupinna laiendamist Eesti põldudel.

Märksõnad: hirss, Eesti, väetamine, külvisenorm

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor Thesis	
Author: Allar Rosenberg		Specialty: Production and marketing of agricultural	
Title: Proso millet as novel crop for Estonia			
Pages: 42	Figures: 14	Tables: 1	Appendixes:2
Department: Chair of Crop Science and Plant Biology			
Field of research and (CERC S) code:			
Phytotechny, horticulture, crop protection, phytopathology, B390			
Supervisors: Eve-Runno-Paurson (Assoc. Prof), Peeter Lääniste (MSc)			
Place and date: Tartu 2021			
Due to the increasing human population, food crops that are less demanding to weather conditions, high in nutrients and vitamins, have a good ability to use organic and mineral fertilizers are becoming increasingly important.			
The aim of this BSc. thesis was to study the formation of the yield and elements of the structure of proso millet harvest in Estonian conditions under different sowing and fertilization rates. wanted to find optimal fertilization and sowing rates and to study the suitability of growing crops in Estonian weather conditions. As a result of the work, author answered the question: “What is the most optimal sowing rate and the most optimal fertilization rate for growing proso millet in Estonian growing conditions?			
The bachelor's thesis consists of two parts. The first part is theoretical and contains the requirements for the cultivation of proso millet, its uses, its importance in the world, agrotechnics and other previously studied data on millet in the world. A brief overview of proso millet pests was also provided. The second part of the research is practical, during which a field experiment was planned and built, and the necessary maintenance work during fertilization (fertilization and weed control) was performed.			

There were two hypotheses. The first hypothesis was that the sowing rate significantly affects the proso millet yield and all elements of the crop structure. The second hypothesis was that fertilization with a complex fertilizer significantly affects the yield and all the structural elements of the crop.

As a result of the work, both hypotheses were partially true, because neither the sowing norms nor the fertilization norms had a credible relationship with the changes in the weight of 1000 seeds. The most optimal sowing rate was 40 kg ha⁻¹ and the fertilization rate test showed that the yield and other parameters improved with increasing fertilization level, but there was a larger positive change in the yield structure elements up to 75 N kg ha⁻¹ fertilization rate.

In summary, based on the results of the work, it can be said that proso millet can be successfully grown in Estonian conditions. Proso millet is certainly a new and interesting culture that deserves further research on the topics covered in the bachelor's thesis, but also, for example, on seed quality aspects and to recommend the expansion of the growing area in Estonian fields.

Keywords: millet, Estonia, fertilization, sowing rate

SISUKORD

SISSEJUHATUS	7
KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	8
1.1. Hirsi tähtsus maailmas.....	8
1.2. Hirsi botaaniline kirjeldus	9
1.3. Hirsi kasvatamise agrotehnika.....	10
1.3.1. Hirsi kasvatus nõuded.....	10
1.3.2. Hirsi külvamine	12
1.3.3. Hirsi väetamine.....	12
1.3.4. Hirsi koristamine	13
1.4. Hirsi kahjustajad umbrohud ja nende tõrje.....	13
MATERJAL JA METOODIKA.....	15
2.1. Põldkatse kirjeldus.....	15
2.1.2. Katseaasta meteoroloogilised tingimused	16
2.2. Statistiline andmeanalüüs	18
TULEMUSED	19
3.1. Külvisenormi katse tulemused.....	19
3.2. Väetamise katse tulemused.....	25
3.2.1 Väetamise majanduslik efektiivsus	31
3.3. Arutelu	32
KOKKUVÕTE	34
KASUTATUD KIRJANDUS	36
LISAD	40
Lisa 1. Katseskeem.....	41
Lisa 2. Lihtlitsents	42

SISSEJUHATUS

Hirss on väikeseseemneline üheaastane suviteravili, millel on küllaltki pikk kasvuaeg. Hirss on väga vana kultuur, mille kasvatamine on alguse saanud Aasiast. Samuti on hirss kasvutingimuste suhtes vähenõudlik ja seejuures kõrge toiteväärtusega teravilja kultuur. Ehkki maailma mastaabis on tegemist vana kultuuriga, siis Eestis on hirss uus põllukultuur, mille kasvatamist tuleb alles uurida ja optimaalsed kasvatustehnoloogiad välja töötada. Seega on selle töö eesmärgiks uurida hirsisaagi struktuuri elementide kujunemist eri külvisel ja väetamise normide korral, et leida optimaalseid väetamise ja külvisenorme, väetamise majanduslikku efektiivsust ja üldiselt sobivust Eesti tingimustesse.

Bakalaureusetöö teemaks sai valitud hirss, kuna tegemist on Eesti mõistes täiesti uue kõrrelise teraviljakultuuriga, mida on Eesti tingimustes varasemalt väga vähe uuritud ja publitseeritud. Samas on tegemist väga aktuaalse teemaga, kuna tänapäeval räägitakse palju kliima soojenemisest ja rahvastiku arvu pidevast suurenemisest, siis hirss võiks just olla see kultuur, mis peaks hästi vastu põuale ja kõrgetele temperatuuridele ja oleks kõrge toiteväärtusega toiduallikas inimestele kui ka koduloomadele.

Tööl on kaks hüpoteesi. Esimeseks hüpoteesiks on, et külvisenorm mõjutab oluliselt hirsisaaki ja kõiki saagi struktuuri elemente. Teiseks hüpoteesiks on, et väetamine kompleksväetisega mõjutab oluliselt saaki ja saagistruktuuri elemente. Bakalaureusetöö koosneb kahest osast. Esimene osa on teoreetiline ja sisaldab kirjanduslikku ülevaadet hirsikasvatuse põuetest, kasutusvõimalustest, tähtsusest maailmas, agrotehnikat ja teisi eelnevalt maailmas avaldatud andmeid hirsikohta. Lühidalt käsitletakse ka potentsiaalseid hirsikahjustajaid. Uurimustöö teine osa on praktiline, mille käigus planeeriti ja rajati põldkatse ning teostati kasvuaegsed vajalikud hooldustööd: väetamised ja umbrohutõrje. Hirsivalmimisel koristati saaki katse kombainiga. Vahetult enne katse koristamist võeti igalt katselapilt vihuproovid. Nende põhjal uuriti erinevaid saagistruktuuri elemente (taimede arvu ruutmeetril, võrsete arvu taimel, taimede maapealset biomassi, taimede pikkust, õisiku pikkust, 1000 seemne massi ja saagikust) erinevate külvisel ja väetamise normide võrdluses.

Väga suure tänu võlgneb töö autor juhendajatele Eve Runno-Paursonile ja Peeter Läänistele ning lisaks ka Viacheslav Eremeev'le, kes nõustas andmete statistilist analüüsi.

KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Hirsi tähtsus maailmas

Maailma rahvastiku arvu pidev kasv ja sellest tingitud suurenenud toiduvajadus ning kliimamuutused, muudavad väga tähtsaks toidukultuuride kasvatamise, mis on erinevatele ilmastikutingimustele vastupidavad ja annavad stabiilset saaki. Selliseks paljutöotavaks põllukultuuri kandidaatkultuuriks, tänu oma kuumastressi taluvusele ja väiksele veevajadusele võiks olla hirss (*Panicum miliaceum* L.) (Calamai jt, 2020).

Hirss on väikeseemneeline üheaastane ja pikema kasvuajaga suviteravili, mistõttu saak valmib hiljem kui teistel suviteraviljadel. Hirsi kasvatus on oma alguse saanud Aasiast umbes 10 000 aastat tagasi. Kuna hirss on küllaltki vähenõudlik kultuur, on hirsi kasvatus väga tähtsal kohal riikides, kus üldine elatustase on kehvema poolne (Rao, 1989).

Hirsi ja teiste teraviljade kasvatamine on arengumaades väga tähtis, kuna toiduga kindlustatus muutub üha suureneva inimpopulatsiooni tõttu järjest olulisemaks. Hirsi kasvatus on arengumaades rohkem levinud ilmselt sellepärast, et hirss on sealsetele, majanduslikult kehvemal järjel olevatele inimestele odavalt kättesaadav toit. Lisaks hinnatakse hirssi veel rikkaliku mineraalide ja vitamiinide sisalduse poolest. Suurenev turunõudlus hirsi järele on julgustanud põllumehi hirssi kasvatama (Gahukar, 2014).

Hirss on üks peamiseid toiduallikaid kuivas ja poolkuivas kliimavööndis elavatele inimestele, kuna hirss on väga hea põuataluvusega kultuur. Hirsi seemned on suureks energiaallikaks inimese ja looma organismile. Hirss varustab loomorganisme valkude, rasvhapete, mineraalide, vitamiinide, toidukiudainete ja polüfenoolidega. Hirsi proteiin sisaldab suures koguses asendamatuid aminohappeid, eriti väävlit sisaldavaid aminohappeid (metioniin ja tsüsteiin). Hirsi töötlemisel jahvatamise käigus eemaldatakse kiud- ja fütokemikaalide rikkad kliid ja idu. Hirss on antioksüdantide allikas, näiteks fenoolhapped ja glükeeritud flavonoidid. Hirsist valmistatud toite iseloomustatakse kui potentsiaalseid probiootikumide allikaid ja need võivad suurendada probiootikumide elujõulisust või funktsionaalsust, millel on märkimisväärne kasu tervisele. Hirsi kõrge toiteväärtus nõuab

toitumisomaduste ja funktsionaalsete omaduste uurimist kui ka hirsist saadavate lisandväärtusega toodete arendamist (Amadou jt, 2013).

Hirssi on võimalik kasutada erinevate toiduainete valmistamisel. Hirsiga oleks võimalik asendada enamikke teravilju, kuid tema iseloomulik tugev maitse ei pruugi kõigile meeldida. Hirsist saab keeta putru ning lisada jahu suppidesse, omlettidesse, kotletimassi, pudingutesse ja müsliisse. Hirsitangu kasutatakse alkohoolsete jookide, eriti õlle tootmiseks. Hirssi on võimalik kergesti idandada. Idandatud, jahvatatud ja kuivatatud hirsiga saab erinevaid küpsetisi rikastada. Enne hirsi keetmist on soovitatav teda soojas vees leotada. Hirssi on võimalik veel röstida ja õlis kuumutada. Õlis kuumutamine annab hirsile meeldiva pähkli maitse (Hirss, 2021).

Hirsi seeme on leeliseline. Hirss ei sisalda gluteeni ja teda on kerge seedida. Hirsile annab iseloomuliku mõrkja maitse kõrge ränihappe sisaldus, mis mõjutab positiivselt vere kolesterooli taset ja luude arengut. Hirsil on ergutav mõju inimese närvisüsteemile, meeelundkonnale ja ainevahetusele. Hirss on hinnatud mineraalide allikas. Hirsiterades leidub palju fosforit ja magneesiumi lisaks veel kaaliumi, tsinki ja vaske (Hirss, 2021).

1.2. Hirsi botaaniline kirjeldus

Hirss on üks vanimaid inimestele teadaolevaid teravilju, mida on kasvatatud ja kasutatud kodustes majapidamistes. Hirsi seemned võivad säiluda toatemperatuuril mitu aastat, ilma et, seemnete omadused oleks oluliselt halvenenud. Hirsi terad jahvatatakse jahuks, mida kasutatakse erinevate toiduainete valmistamisel. Hirssi tasub tarbida tema kõrge toiteväärtuse ja tervisliku toidu lisandväärtuse tõttu. Kuna hirss sisaldab suures koguses kaltsiumi ($344 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), on hirsist valmistatud toidud nagu linnased, küpsised ja koogid sobivamaks kasvavatele lastele, tulevastele emadele ja eakatele, kes vajavad oma toidus rohkem kaltsiumi ja rauda. Hirssi peetakse ideaalseks toiduks diabeetikutele, tema suhkrute aeglase vabanemise tõttu organismi. Hirsi kõrge kiudainesisaldus reguleerib ka kõhukinnisust, kõrge vere kolesteroolisisaldust ja soolevähki (Verma ja Patel, 2012).

Hirss on laia kohanemisvõimega, taim mis võib kasvada kuni 220 cm kõrguseks. Hirsi kasvuajapikkus sõltub suuresti sellest, mis piirkonnas teda kasvatatakse. Kasvuaeg seemnete küpsemiseni võib kesta 3-4 kuud või isegi rohkem. Hirsi õisiku pikkus varieerub 10-25 cm vahel. Hirsi õies on tolmuKate arv kolm. Tera on 2-3 mm pikkune ja 1-2 mm laiune ning kaetud kestaga (Sood jt, 2015). Hirss on narmasjuureline taim. Hirsi juurel on üks peamine

jäme juur, mis haruneb paljudeks väikesteks narmasteks. Hirsi juur võib tungida kuni ühe meetri sügavusele maapinna sisse ja sellel on väga hea vee ja toitainete omastamise võime. Hirsi vars ja lehed on kaetud karvakestega. Kõrre tippu moodustub pöörisõisik, kus arenevad seemned (Hirsi kasvatamine, 2021).

Hirsi õitsemine algab pöörise tipust (Sood jt, 2015). Lisaks on hirss isetolmleja, mille õied on peamiselt kahe sugulised (neil on nii tolmu- kui ka emakas). On teada, et teatud määral esineb ka risttolmlemist, mis toimub tuule abil (Maun ja Barret, 1986).

1.3. Hirsi kasvatamise agrotehnika

Hirsi puhul on tegemist suvikultuuriga, mis külvatakse põllule kevadel. Kuna hirss on oma kasvu alguses küllaltki aeglase kasvuga kultuur, siis omab mulla harimine küllaltki suurt rolli saagi moodustumisel. Vastasel juhul võivad kiirekasvulised umbrohud suure hulga toitaineid hirsi eest ära võtta ja kultuurtaimest üle kasvada, vähendades suuresti taime saagikust. Seega tuleks töödega alustada juba eelneval sügisel. Oluline on, et eelneva kultuuri põhk oleks põllule ühtlaselt laotatud ja mullaga segatud. Kuna hirsil on küllaltki pikad ja võimsad juured, mis tahavad kasvuks ruumi, siis oleks pärast põhu segamist mullaga mõistlik teha sügavamat mulla harimist (kündmine või sügavkobestus). Niiskuse säilitamiseks oleks kevadel vajalik võimalikult vara teha esimene mullaharimine. Seda kas siis libisti, kultivaatori või randaaliga (Baltensperger jt, 1995).

Umbrohu tõrjumine läbi mullaharimise on küll üks võimalikest võtetest, kuid kui selle efektiivsus on ebapiisav siis tuleks kasutada herbitsiide (Baltensperger jt, 1995).

Parimateks eelviljadeks hirsile on rist- ja liblikõielised kultuurid. Hirss ise on heaks eelkultuuriks enamiku teiste põllukultuuride jaoks (Hirsi kasvatamine, 2021).

1.3.1. Hirsi kasvatus nõuded

Harilik hirss on suurepärase veekasutuse efektiivsusega kultuur, mis on hästi kohanenud kasvuks ka poolkuivades keskkondades (Agdag jt, 2001).

Hirss on üks sellistest teravilja kultuuridest, mis sobib edukalt kasvatamiseks jätkusuutlikus põllumajanduses, kuna hirss kasutab vegetatsiooni perioodil tänu oma heale juurekavale efektiivselt niiskust ning talub kasvuajal hästi kõrgeid temperatuure ja põuda (Agdag jt,

2001). Hirss on rahuldava saagikusega happelistel ja põuakartlikel muldadel, kus teised peamiselt kasvatatavad teraviljakultuurid oleksid madala saagikusega (Amadou jt, 2013).

Hirss areneb kõige paremini viljakatel, hea struktuuriga, nõrgalt happelisel või neutraalse reaktsiooniga muldadel, kuid hirss ei talu tugevalt aluselist mulda. Aluselises keskkonnas, kus pH on kõrgem kui 7,8 on hirsil suur oht rauakloroosi tekkeks (Baltensperger jt, 1995). Kiireim taime areng toimub temperatuuri 20–25 °C juures. Kuna hirss kuulub lühipäeva taimede hulka, siis vajab kultuur palju valgust ja ei talu varju (Hirsi kasvatamine, 2021).

Hirssi saab edukalt kasvatada erinevatel mullatüüpidel. Olles hea kohaneja, suudab hirss kasvada ka väga madala viljakusega muldadel, kus enamik teisi põllukultuure hakkama ei saaks (Baltensperger jt, 1995).

Globaalsetes kliimamuutuste tingimustes võib hirsist kui väga hästi põuda ja kõrget temperatuuri taluvast kultuurist saada põllumeestele alternatiivne teraviljakultuur Euroopas, sealhulgal ka Eestis, parandades toiduga isevarustatuse taset tulevikus järjest soojenevas kliimas. Varasematest uuringutest on leitud, et külvisenorm ja lämmastikuga väetamine mõjutavad oluliselt hariliku hirsli saagikust. Siiski on hariliku hirsli väetuse- ja külvisenormide mõju uurimine Eestis algjärgus. Samuti ei pruugi hirss küllaltki suure soojavajadusega ja pika vegetatsiooniperioodiga kultuurina meie ilmastiku- ja mullastikutingimustes rahuldavat saaki anda (Lääniste jt, 2019).

Esimesed kaks nädalat pärast külvi on hirsli taimede jaoks väga määrav aeg, kuna hirsli taimed on väga aeglase kasvuga ja sellel perioodil võivad umbrohud neid alla suruda. Juhul kui umbrohi on hirsli kasvu algul väga võimas, ja teda ei tõrjuta, võib see hiljem oluliselt mõjutada hirsli saagikust. Hea hirsli saagikuse tagamiseks on väga oluline umbrohutõrje teha enne külvi, kas herbitsiididega või mullaharimisega. Hirsli kasvatamisel omab olulist rolli külviaaluse mulla ettevalmistamine. Põllu mullapind peab olema parasniiske, kobestatud, umbrohuvaba ja piisavate toitainetega, et võimaldada head taimiku ja seemnete arengut (Baltensperger jt, 1995).

1.3.2. Hirsi külvamine

Külvisenormi mõju hariliku hirsi saagikusele on uuritud erinevates maailma riikides, mistõttu soovituslikud normid külvisele varieeruvad suuresti (8–90 kg ha⁻¹) (Turgut jt, 2006).

Hirsi seemned külvatakse 2–4 cm sügavusele mulda. Põhikultuurina saagiks kasvatamisel tuleks hirss Eesti tingimustes külvata mai esimeses pooles, kui mulla temperatuur on üle 12 C° (Hirsi kasvatamine, 2021).

Teaduslikest uuringutest on selgunud, et reavahe laius mõjutab oluliselt hirsi taimede kasvu, saagikust ja muid parameetreid. Tera saak ja põhu mass vähenevad oluliselt, kui külvi ridade vahe laieneb, samas seemnete mass ja taimede kõrgus suurenevad koos reavahe laienemisega. Reavahe laiuse sobivus oleneb palju sellest, kus regioonis hirssi kasvatatakse ja millised on sealsed ilmastiku tingimused. On leitud, et kui niiskust on piisavalt, siis ei mõju reavahe laius saagile eriti oluliselt, aga kui niiskust on vähe ja on põuased olud, siis annavad kitsamad reavahed suurema saagi. Katsetest on selgunud, et hirsi taimedel reavahe laius ei mõjuta umbrohtumust, kuid umbrohtutõrje teostamiseks olid kitsamad reavahed paremad. Siiski piiratud niiskusega aladel on 15 cm reavahe laius liiga kitsas. Seega näib 19 cm reavahe olevat parem valik piirkondades, kus põuaste tingimuste esinemine on tõenäoline (Agdag jt, 2001).

Jan jt (2015) katsest selgus, et külviaeg mõjutas oluliselt hirsi taime kõiki parameetreid. Varem külvatud taimedel oli lehemass taime kohta, taime kõrgus, õisiku pikkus, tuhande tera mass ja teravilja saagikus oluliselt suurem võrreldes hilisemate külvidega. Külvieelne mullaharimine võrreldes otsekülviga suurendas märkimisväärselt lehtede biomassi, taime kõrgust, terade arvu peas, tuhande teramassi ja teravilja saagikust. Katses uuriti külviaja ja külvimeetodite vastastikust mõju, kus selgus, et kõige parema kvaliteedi ja saagi näitajatega oli eelneva mullaharimisega varajane külv (Jan jt, 2015). Eestis läbi viidud katsest selgus, et suurim hirsi seemnesaak saadi külvisenormiga 40 kg ha⁻¹ (Lääniste jt, 2019).

1.3.3. Hirsi väetamine

Erinevates kombineeritud väetamise katsetes on uuritud väetamise, eelvilja ja ilmastikutingimuste koosmõju hirsi saagikusele. Eelvilja ja mineraalväetise kombineerimisel saavutati hirsil suurem saagikus (Rezaei jt, 2014).

Hariliku hirsi väetamise kohta on tehtud erinevaid katseid üle maailma, kus on leitud, et mineraalväetised mõjutavad usutavalt hirsi taime pikkust, saagikust, võrsumist ning seemnete proteiinisaldust. Soovituslikud lämmastikunormid jäävad vahemikku 45–225 kg N ha⁻¹. Väetusnormid võivad oluliselt varieeruda, kuna hirssi kasvatatakse paljudes maailma eri piirkondades, kus on väga erineva kvaliteediga mullad (Tan jt, 2016). Kui hirssi kasvatada keskmiselt viljakal mullal, siis oleks kultuurile vaja anda vähemalt 58,5 kg ha⁻¹ fosforit, 44 kg ha⁻¹ lämmastikku ja 40 kg ha⁻¹ kaaliumi. Väetamise aeg ja külvamise viis on sarnased maisiga. Hirssi võib väetada nii külviaegselt, külviaegselt kui ka kasvuaegselt (Hirsi kasvatamine, 2021). Eesti tingimustes on hirsi väetamise katseid tehtud küll veel väga vähe, kuid läbiviidud katsetest on selgunud, et hirss reageerib väetamisele hästi ja saagikus võib läbi väetamise mitme kordselt suurened (Lääniste jt, 2019).

1.3.4. Hirsi koristamine

Hirsi kasvatamises omab väga suurt rolli saagi koristamise ajastamine ja koristustehnoloogia. Hirsi puhul on väga tähtis õige koristus aeg, koristamisega ei tohiks hilineda, kuna hirsi seemned kipuvad kergesti varisema. Kuiva seemne puhul ei tohiks kombaini trumli pöörideid eriti kõrgele tõsta, vastasel juhul võivad terad koristamise käigus viga saada. Kui tuua võrdlus näiteks nisuga peaksid kombaini trumli pöörded hirsi puhul olema vähemalt 200 pööret minutis väiksemad (Baltensperger jt, 1995).

1.4. Hirsi kahjustajad umbrohud ja nende tõrje

Hirsi saaki võivad kahjustavad kasvuperioodi vältel vähemalt 150 putukkahjurit. Majanduslikult olulisteks kahjuriteks peetakse leediklasi ja lehetäisi. Tõrjeks kasutatakse sünteetilisi pestitsiide (nii seemnete kui taimiku töötlemiseks) ja kultuuripõhised meetodeid nagu näiteks külviaeg. Peremeestaimede resistentsuse (genotüübid ja kahjuritele resistentsimate sortide aretus) ja bioloogiline tõrje (näiteks parasitoidi *Habrobracon hebetor*) rakendamine on viimastel aastatel pälvinud rohkem tähelepanu. Soovitatav on omavahel integreerida olemasolevaid tõrjemeetmeid (Gahukar ja Reddy, 2019).

Umbrohtumus on olnud hirsi saagikuse parandamise peamiseks piiranguks. Uuringutest on selgunud, et tootjatel võib hirsi saagikadu umbrohtunud põldudel olla 27–36%. Varajane umbrohtude mehaaniline tõrje suurendas saagikust üle 50%. Herbitsiididega tõrje oli siiski kulutõhusam ja hõlpsamini teostatavam, kui umbrohtude mehaaniline hävitamine (Carson, 1987).

Paraku esineb ka hirsil rida haigusi, mis võivad saaki ja selle kvaliteeti päris tugevalt mõjutada (Jeger jt, 1998). Kõige tavapärasemad haigused hirsil on erinevad seenhaigused, enim esineb ebajahukastet (*Sclerospora graminicola*) ja pruunlaiksust (*Bipolaris panici-miliacei*). Neid haigusi on võimalik kontrolli all hoida kasutades selleks spetsiaalseid fungitsiidide (Odvody ja Frederiksen, 1984).

Saagi kvaliteedi seisukohalt on tähtsad veel nõgihaigused. Kasvuaegselt pole võimalik neid tõrjuda. Nõgihaiguste ennetamiseks on kõige efektiivsem viis kasutada puhitud seemneid. Kindlasti on oluline roll ka viljavaheldusel, sest haigustekitajad kuhjuvad mulda (Baltensperger jt, 1995).

MATERJAL JA METOODIKA

2.1. Põldkatse kirjeldus

Hirsi katse rajati 2020. aastal Eesti Maaülikooli Rõhu katsejaama Eerika katsepõllule, katse koordinaadid on 58°22'N, 26°40'E. Mullaliigiks oli sellel katsealal näivleetunud Stagnic Luvisol WRB 2002 klassifikatsiooni järgi (Deckers jt, 2002), mullalõimis kerge liivsavi. Mullaharimisega läbisegatud huumuskihi paksuseks oli 20–30 cm (Reintam ja Köster, 2006).

Mullaproovid võeti analüüsimiseks katsepõllult, 20 cm sügavuselt. Õhkkuivad mulla proovid sõeluti läbi 2 mm avadega sõela. Mulla pH määrati 1 M KCl lahuses (mulla: lahuse vahekord 1:2.5), mulla orgaaniline süsinik (C_{org}) määrati Tjurini meetodil. Mulla üldlämmastiku sisaldus ($N_{üld}$) määrati Kjeldahli meetodiga. Teised taimedele omastatavad toiteelemendid (P, K, Ca ja Mg) määrati AL-meetodiga. Katselappe iseloomustasid mulla huumushorisoni näitajad: pH_{KCl} 6,0; C_{org} 1,38%; $N_{üld}$ 0,13%; taimedele omastatavad toiteelemendid P 158 mg kg⁻¹; K 104 mg kg⁻¹; Ca 1201 mg kg⁻¹ ja Mg 92 mg kg⁻¹ (Lääniste jt, 2019).

Hirsikatse eelkultuuriks oli suvioder. Odra varis ja teised jäänused künti sügisel mulda. Kevadel tasandati kündi ja takistati mullast vee aurustumist ribilibistamisega. Enne külvi kasutati mulla pindmiseks kobestamiseks ja külvi valmis seadmiseks mulla freesi. Katselappide külvamiseks kasutati spetsiaalset katsekülvikut. Külv teostati 24. aprillil ja iga katselapi suuruseks oli 10 m². Umbrohutõrjet teostati kasvuajal kaks korda. Esimene umbrohutõrje tehti 1. juunil, kui hirsi taimik oli võrsumise algfaasis ja umbrohud varajases idulehe kasvufaasis herbitsiidiga Sekator OD (0,15 l ha⁻¹) ja teine umbrohutõrje teostati 26. juunil herbitsiidiga Pixxaro EC (0,5 l ha⁻¹). Teine tõrjekord tehti, sest katselapile olid kasvanud juba uued umbrohud, mis oleksid võinud pärssida taimede kasvu ja arengut. Taimehaiguste ja kahjurputukate tõrjet katsealal läbi ei viidud, sest selleks puudus vajadus. Katselappide väetamisel kasutati kompleksväetist NPK N₁₇-P_{4,6}-K₁₀+S+Mg+B. Külvisenormi katsetel oli väetusnormiks 100 N kg ha⁻¹ ehk 588 kg väetist hektari kohta. Väetamine oli jaotatud kaheks võrdseks osaks, mõlemal korral anti 50 N kg ha⁻¹. Väetamiskatsete normid varieerusid 0 - 150 N kg ha⁻¹ kohta. Kontroll variandi katselappidele

väetist ei antud ja ning teised väetusnormid olid vastavalt: 50, 75, 100, 125, 150 N kg ha⁻¹ kohta. Väetamise katsetes oli külvisenormiks kõigil lappidel 20 kg seemet hektarile. Külvisenormi katsetes olid külvisenormid vastavalt: 5, 10, 20, 30, 40, 50 ja 60 kg ha⁻¹. Kõik külvisenormi ja väetuskatsed viidi läbi kolmes korduses. Kogu katse külvati 24. aprillil ning seemnesaagi koristamine toimus 16. septembril katsekombainiga ning saak kuivatati (30 °C juures 8 tunni vältel), seejärel seemned tuulati ja sorteeriti.

2.1.1. Saagistruktuuri elemendid

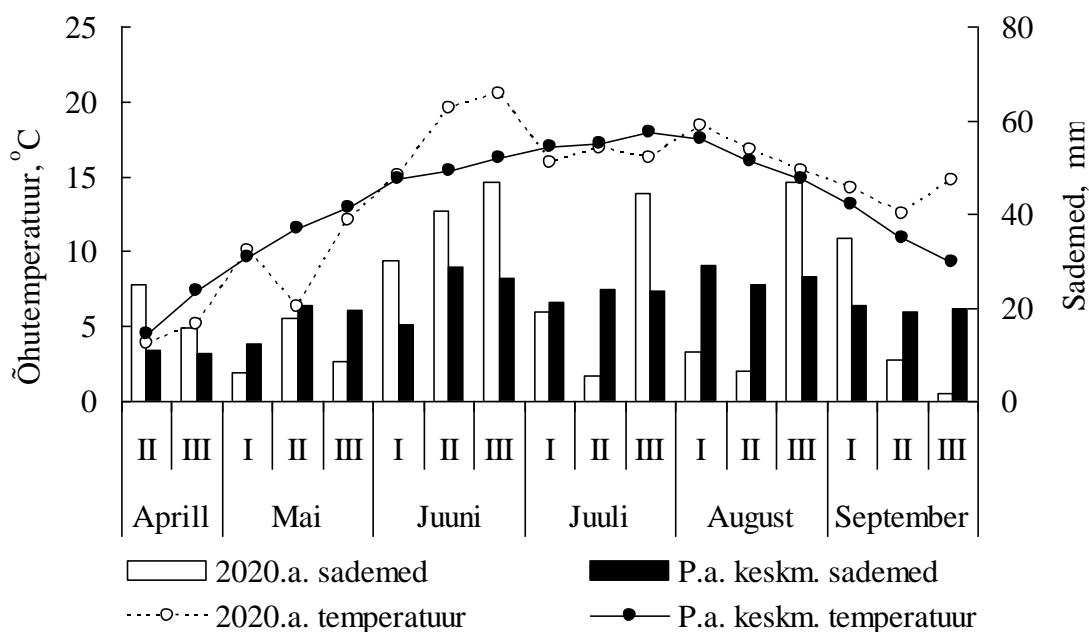
Enne hirsu koristamist võeti vihuproovid 1/8 m² alalt, üks proov igalt katselapilt. Seejärel viidi vihud laborisse ühtlasele temperatuurile kuivama. Kui taimed vihkudes olid piisavalt kuivanud hakati hindama nende saagistruktuuri elemente. Taimede saagistruktuurist hinnati ja arvutati järgmised parameetrid: maapealne biomass, võrsete arv taime kohta, taimede ja õisiku pikkus ning nende keskmised pikkused. Seejärel eraldati taime küljest seemned, milleks kasutati hõõrlit, mis eraldas terad sõkaldest, pärat mida seemned sorteeriti ja kaaluti. Järgmiseks oli võimalik leida hektari saagikus ja loendati tuhande seemne mass. Optimaalseima väetusnormi hindamiseks, arvutati väetamisest tuleneva enamsaagi tekkel moodustuv kasum. Selle saamiseks lahutati enamsaagist tekkivast tulust väetise kulu.

2.1.2. Katseaasta meteoroloogilised tingimused

Katseaasta meteoroloogilised andmed on kogutud Eesti Maaülikooli Rõhu katsejaama Eerika ilmajaamast. Joonisel 1 on välja toodud dekaadide lõikes 2020. aasta õhutemperatuur ja sademete hulk. Ilmastiku andmeid on vaadeldud perioodil aprilli II dekaadist kuni septembri III dekaadini. Ilmastiku andmetest on võrreldud katseaasta sademete hulka ja õhutemperatuuri paljude aastate keskmiste tulemustega samal perioodil.

Vahetult külvi eelne ja järgne periood olid küllaltki sademete rohked, enne hirsu külvi aprilli II dekaadil (24,8 mm) oli sademeid üle kahe korra rohkem kui on paljude aastate keskmisena (11 mm) ning kohe pärast katse külvi aprilli III dekaadil (15,8 mm) esines sademeid samuti rohkem kui paljude aastate keskmisena (10,4 mm). Mai I dekaadil (6 mm) oli sademeid ligi kaks korda vähem võrreldes paljude aastate keskmisega (12,4 mm). Sarnaselt kuiv oli mai III dekaad. Juunikuu, mis on suviviljade kasvu ja saagi moodustamise seisukohalt samuti väga oluline, oli küllaltki sademete rohke (117,4 mm). Juuni I (30 mm) ja III (46,8 mm) dekaadil oli sademete hulk paljude aastate keskmisest peaaegu kaks korda kõrgem (I 16,3 ja

III 26,3 mm) ja juuni II dekaadil (40,6 mm) oli sademete hulk umbes kolmandiku võrra kõrgem võrreldes paljude aastate keskmise sademete hulgaga (28,7 mm).



Joonis 1. Keskmise õhutemperatuur (°C) ja sademete hulk (mm) dekaadide lõikes Eerikal 2020 a. vegetatsiooniperioodi vältel võrrelduna paljude aastate 1969–2020 keskmisega.

Juulikuu I dekaad oli sademete poolest küllaltki sarnane paljude aastate keskmisega. Juulikuu II ja III dekaad oli seevastu, aga küllaltki ekstreemne. Juulikuu II dekaad (5,4 mm) oli väga sademete vaene, kus sademeid oli umbes 4-5 korda vähem võrreldes paljude aastate keskmisega (23,8 mm). Samas juuli III dekaadil (44,4 mm) oli sademeid aga kaks korda rohkem võrreldes paljude aastate keskmisega (23,6 mm). Juuli III dekaadi hoovihmad olid paljudes kohtades nii tugevad, et nii mitmed teravilja kultuurid ei pidanud sellele vastu ja lamandusid.

Augusti algusest, kuni augusti keskpaigani (I ja II dekaad) olid kuivapoolsed. Augusti viimane dekaad (47 mm) oli seevastu jälle küllaltki vihmane, kus sademete hulk oli peaaegu poole suurem kui paljude aastate keskmine (26,5 mm). Septembri I dekaadil (34,8 mm) esines sademeid tunduvalt rohkem kui paljude aastate keskmisena (20,3 mm), see-eest II (8,8 mm) ja III (1,6 mm) dekaad olid sademete poolest küllaltki vaesed.

Keskmiised õhutemperatuurid olid 2020. aastal küllaltki sarnased paljude aastate keskmistega, kuid siiski mõningate erisustega. Mai II dekaadil (6,3 °C) oli õhutemperatuur 5,2 °C võrra madalam paljude aastate keskmisest (11,5 °C). Juuni II ja III dekaad olid

paljude aastate keskmisest 4,1- 4,2 °C kõrgemad, mis sobis hästi hirsile kui soojalembesele kultuurile. Samas olid sellised kuumalaine perioodid oluliseks stressitekitavaks faktoriks teistele põllukultuuridele. Septembri III dekaad (14,8 °C) oli palju aastate keskmisest (9,3 °C) 5,5 °C võrra soojem.

Üldiselt sobis katseaasta ilmastik väga hästi taimede kasvuks, mis väljendus ka kõrges hirsisaagikuses.

2.2. Statistiline andmeanalüüs

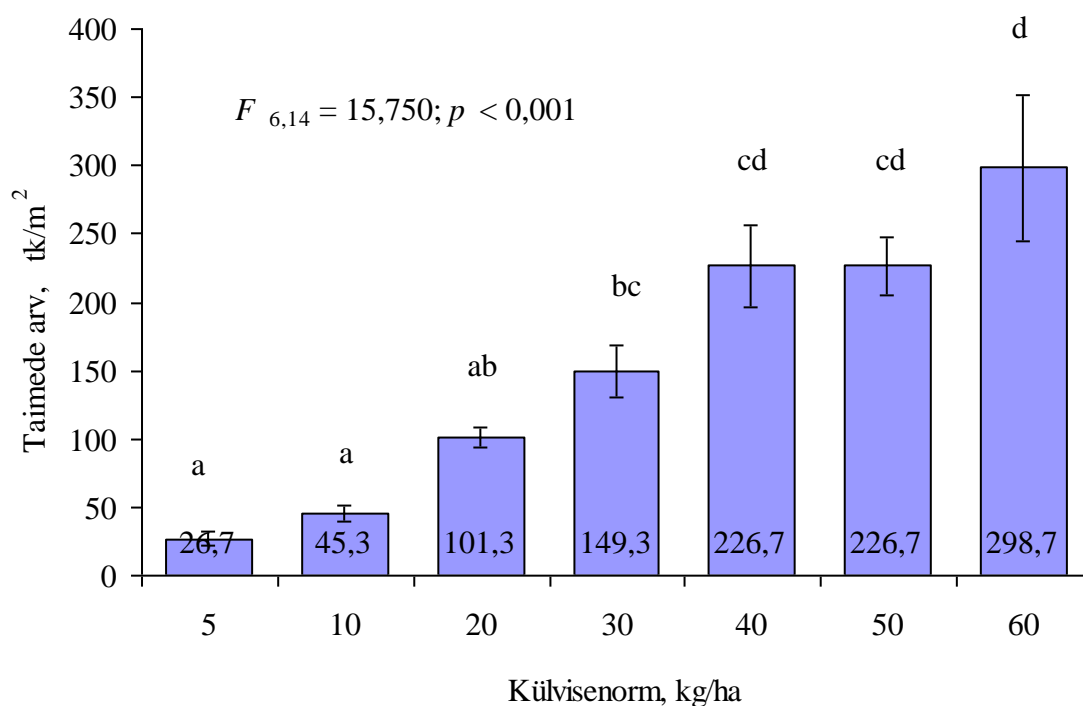
Kogutud andmete statistiline analüüs teostati programmiga Statistica 13 (Quest Software Inc). Eri väetus- ja külvisenormide mõju hirsisaagikusele leiti ühefaktorilise ANOVA abil, variantide võrdluses kasutati Fisher's LSD post-hoc testi ($p = 0,05$).

TULEMUSED

3.1. Külvisenormi katse tulemused

2020. aasta hirsi eri külvisenormide katsest selgus, et külvisenormi suurendamisel kasvab ka taimede arv usutavalt ruutmeetri kohta ($F_{6,14} = 15,750$; $p < 0,001$).

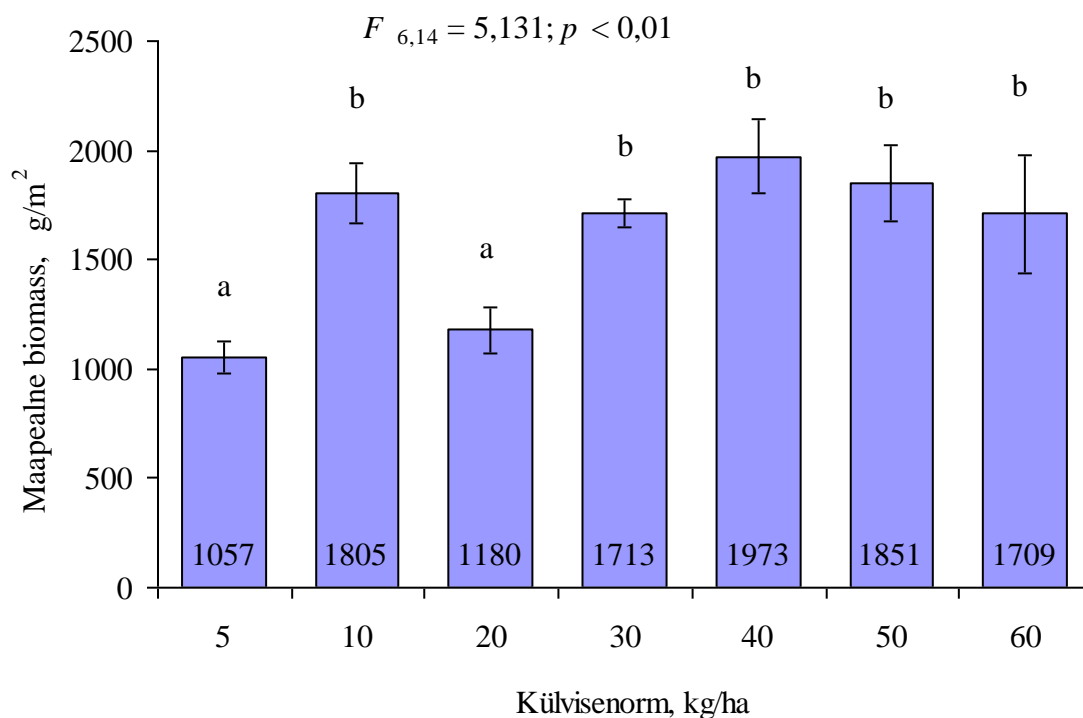
Seega külvisenormide katselapid vastavad nõuetele, et nendelt määrata külvisenormi mõju hirsi saagistruktuuri elementidele.



Joonis 2. Külvisenormi (kg ha^{-1}) mõju hirsi taimede arvule (tk m^{-2}). Erinevad tähed tähistavad statistilist olulist erinevust külvisenormide vahel (Fisher LSD test, $p < 0,001$). Vertikaaljooned joonisel näitavad standardviga

2020. aasta hirsi külvisenormide katses hinnati külvisenormi mõju taimede maapealsele biomassile. Katsest selgus, et hirsi külvisenormid mõjutavad oluliselt taimede maapealset biomassi ($F_{6,14} = 5,131$; $p < 0,01$) (joonis 3). Väikseima maapealse biomassiga oli kõige väiksema külvisenormiga (5 kg ha^{-1}) külvatud katsevariant (1057 g m^{-2}) ja suurima

maapealse biomassiga oli variant kus külvisenormiks oli 40 kg ha⁻¹ (1973 g m²) (joonis 3). Oluliselt väiksema maapeale biomassiga oli ka katsevariant 20 kg ha⁻¹ (1180 g m²) (joonis 3). Ülejäänud katse variantidel 10, 30, 40, 50 ja 60 kg ha⁻¹ varieerusid hirsi taimede biomass 1709–1973 g m², kuid üksteisest oluliselt ei erinenud (joonis 3). Katse tulemustest selgus, et kõige optimaalseim külvisenorm, saavutamaks võimalikult suurt taimede maapealset biomassi ruutmeetri kohta, on 40 kg/ha hirsi seemet.

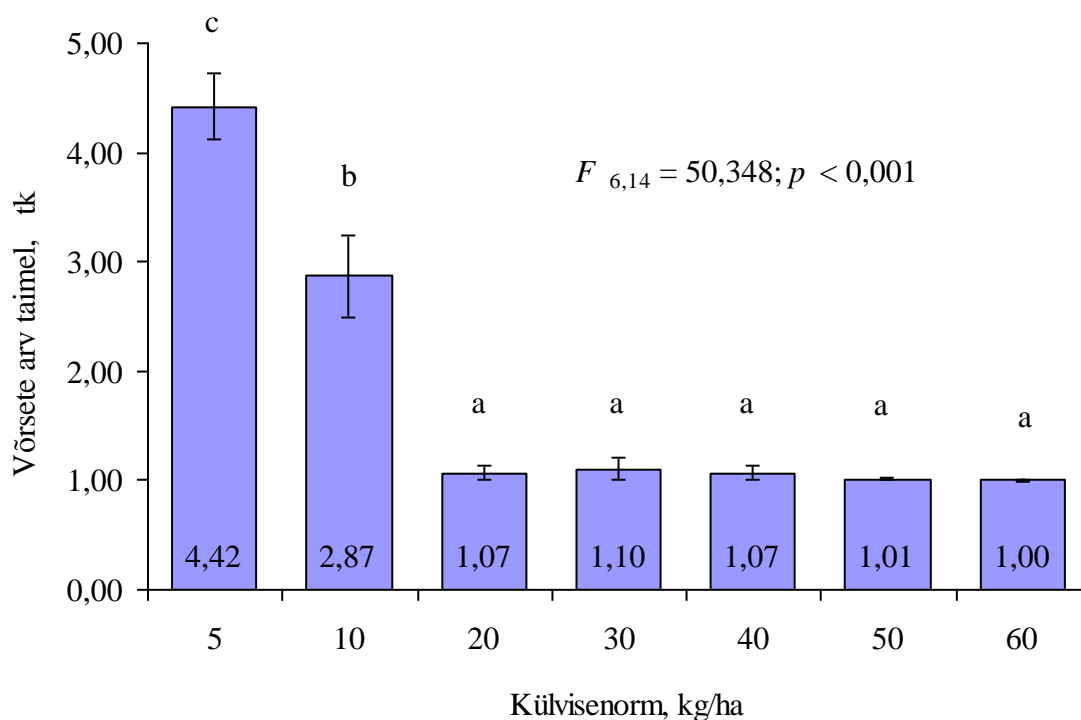


Joonis 3. Külvisenormi (kg ha⁻¹) mõju hirsi taimede maapealsele biomassile (g m²). Erinevad tähed tähistavad statistiliselt erinevust külvisenormide vahel (Fisher LSD test, $p < 0,01$). Vertikaaljooned joonisel näitavad standardviga

2020. aasta hirsi eri külvisenormide katses hinnati külvisenormi mõju hirsi võrsete arvule. Selgus, et külvisenormi suurendamisel on tugev statistiline seos hirsi võrsete vähenemisele ($F_{6,14} = 50,348$; $p < 0,001$) (joonis 4).

Enim võrseid moodustus hirsi taimedel kõige väiksema külvisenormi 5 kg ha⁻¹ korral (4,42 võrset). Samuti moodustus oluliselt rohkem võrseid katsevariandi 10 kg ha⁻¹ taimedel (2,87 võrset taime kohta). Ülejäänud külvisenormi katsevariantidel 20, 30, 40, 50, 60 kg ha⁻¹ varieerusid 1,00–1,10 võrset taime kohta, kuid üksteisest statistiliselt usutavaid erinevusi ei olnud (joonis 4). Suuremate külvisenormide korral on hirsi taimedel enamasti üks võrse mis

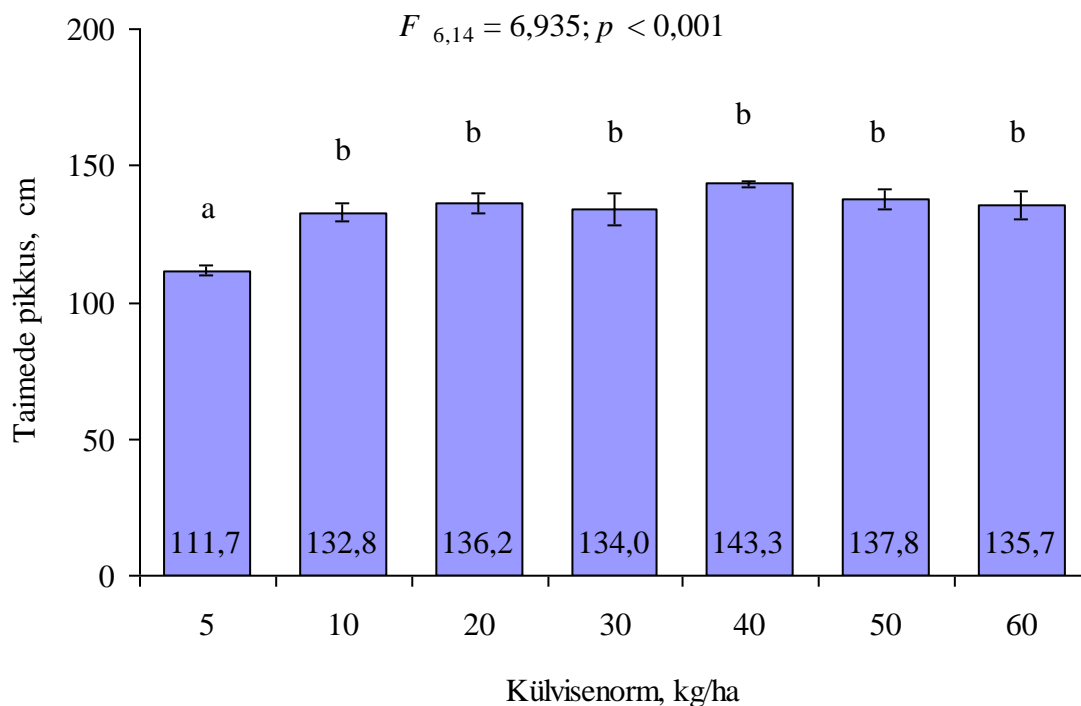
on peavõrse. Selgus, et külvisenormi ja taime võrsete vahel on väga tugev negatiivne seos. Mida suurem on külvisenorm, seda vähem on taimedel võrseid.



Joonis 4. Külvisenormi (kg ha^{-1}) mõju hirsi võrsete arvule taimel (tk). Erinevad tähed tähistavad statistilist olulist erinevust külvisenormide vahel (Fisher LSD test, $p < 0,001$). Vertikaaljooned joonisel näitavad standardviga.

2020. aasta hirsi eri külvisenormide katses hinnati külvisenormi mõju hirsi taimede pikkusele. Katse tulemustest selgus, et külvisenorm mõjutab oluliselt hirsi taimede pikkust ($F_{6,14} = 6,935; p < 0,001$) (joonis 5).

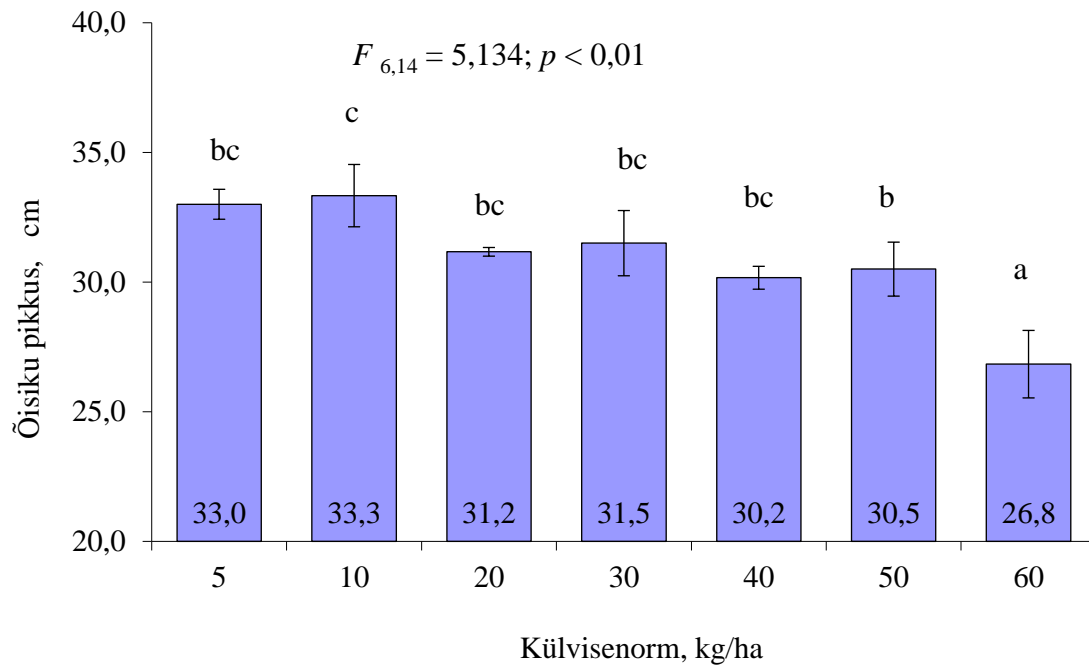
Kõige madalama kasvuga taimed esinesid kõige väiksema külvisenormi variandi (5 kg ha^{-1}) puhul (111,7 cm). Ülejäänud külvisenormi variandid varieerusid 132,8–143,3 cm, kuid üksteisest statistiliselt usutavaid erinevusi ei esinenud (joonis 5). Kõige kõrgemad taimed esinesid külvisenormi variandi 40 kg ha^{-1} puhul (143,3 cm) (joonis 5). Kõige madalama külvisenormiga katsevariandis olid taimed usutavalt lühema pikkusega, võrrelduna teiste katsevariantidega, kuna puudus konkurents taimede vahel, mistõttu taimed ei kasvanud nii pikaks.



Joonis 5. Külvisenormi (kg ha^{-1}) mõju hirsu taimede pikkusele (cm). Erinevad tähed tähistavad statistilist olulist erinevust külvisenormide vahel (Fisher LSD test, $p < 0,001$). Vertikaaljooned joonisel näitavad standarddviiga.

2020. aasta hirsu eri külvisenormide katses hinnati külvisenormi mõju hirsu taimede õisiku pikkusele, kust selgus, et taimede õisiku pikkus erineb oluliselt erinevate külvisenormi variantide vahel ($F_{6,14} = 5,134; p < 0,01$) (joonis 6).

Kõige suurema külvisenormiga (60 kg ha^{-1}) hirsu taimedel oli teistest usutavalt lühem õisik ($26,8 \text{ cm}$) ja kõige pikema õisikuga hirsu taime oli külvisenormi variandil 10 kg ha^{-1} taimedel ($33,3 \text{ cm}$) (joonis 6). Ülejäänud katsevariantide ($5, 20, 30$ ja 40 kg ha^{-1}) puhul õisiku pikkus varieerus vahemikus $30,2\text{--}33 \text{ cm}$, kuid statistiliselt olulisi erinevusi ei esinenud. Selgus, et sama väetamise juures hirsu külvisenormi suurenemisel oli negatiivne seos taimede õisiku pikkusele ehk külvisenormi suurenemisel taimede õisiku pikkus vähenes. Katsetulemuste põhjal võib öelda, et väiksemate külvisenormide puhul on hirsu õisik $6,2\text{--}6,5 \text{ cm}$ võrra pikem kui suuremate külvisenormidega taimedel (joonis 6).

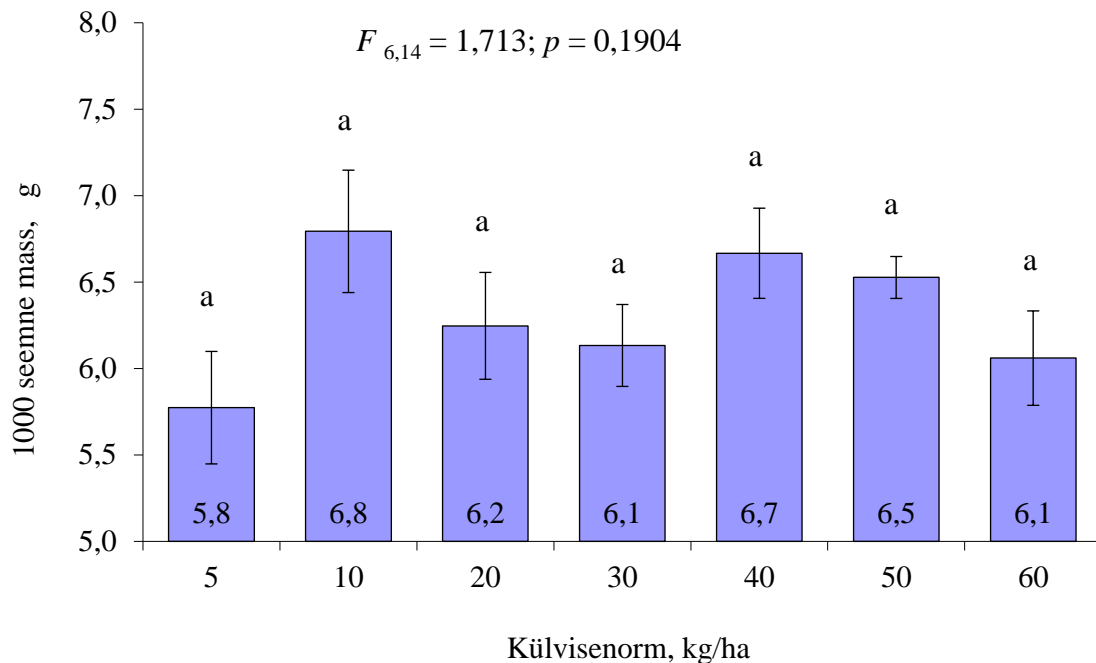


Joonis 6. Külvisenormi kg ha^{-1}) mõju hirsi taimede õisiku pikkusele (cm). Erinevad tähed tähistavad statistilist olulist erinevust külvisenormide vahel (Fisher LSD test, $p < 0,01$). Vertikaaljooned joonisel näitavad standardviga

2020. aasta hirsi katses hinnati eri külvisenormide mõju taime 1000 seemne massile (joonis 7).

Väikseima tuhande seemne massiga oli väiksema külvisenormiga variant (5,8 g) ja suurima massiga külvisenormide variandid olid 10 ja 40 kg ha^{-1} (6,8 g ja 6,7 g). Tuhande seemne massid varieerusid vahemikus 5,8–6,8 g, kuid statistiliselt usutavaid erinevusi katse variantide vahel külvisenormi suhtes siiski ei esinenud ($F_{6,14} = 1,713; p = 0,1904$) (joonis 7).

Katsetulemuste põhjal võib öelda, et erinevad külvisenormid ei avalda mõju hirsi 1000 seemne massile (joonis 7).

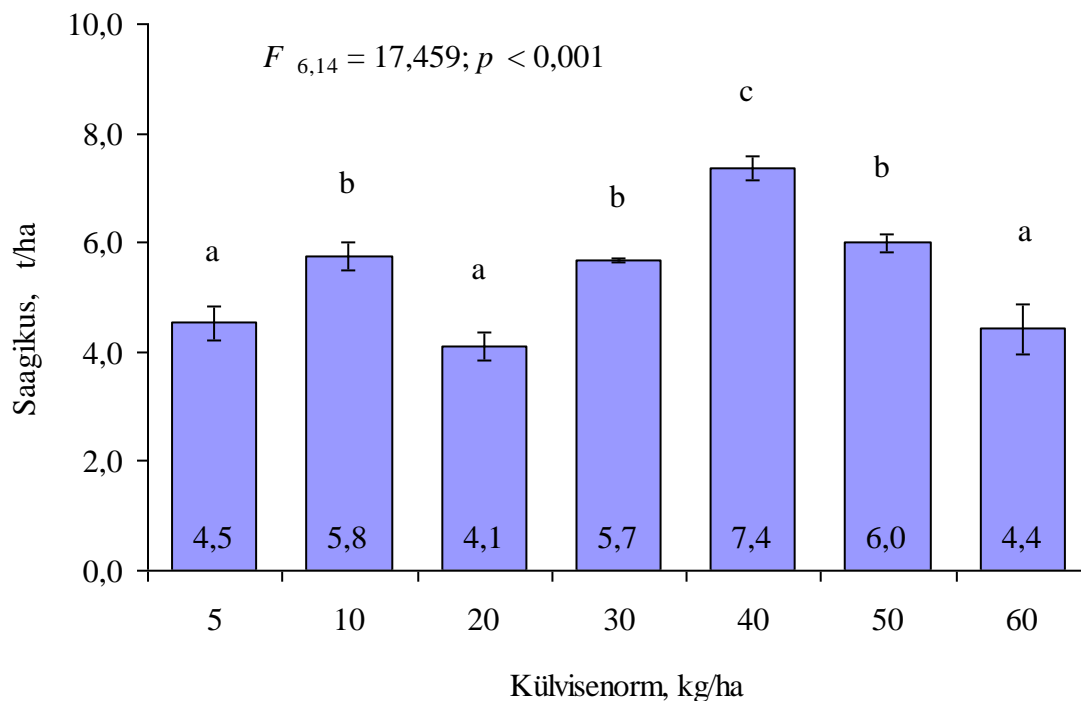


Joonis 7. Külvisenormi (kg ha^{-1}) mõju hirsi taime 1000 seemne massile (g). Erinevad tähed tähistavad statistilist olulist erinevust külvisenormide vahel (Fisher LSD test, $p < 0,2$). Vertikaaljooned joonisel näitavad standardviga

2020. aasta hirsi katses esineb tugev seos erinevate külvisenormide ja saagikuse vahel ($F_{6,14} = 17,459; p < 0,001$) (joonis 8).

Kõige madalamate saagikustega olid katsevariandid kus külvisenormiks olid 5, 20 ja 60 kg ha^{-1} kus saagikused varieerusid 4,1 ja 4,5 t ha^{-1} vahel. (4,1) (joonis 8). Statistiliselt usutavalt kõrgema saagikusega oli katsevariant kus külvisenormiks oli 40 kg ha^{-1} ning selle katsevariandi saagikuseks saadi 7,4 t ha^{-1} (joonis 8).

Katsest saadud andmete analüüsil selgus, et külvisenorm mõjutab oluliselt hirsi saagikust. Katsest selgus, et Eesti oludes on optimaalsemaks hirsi külvisenormiks 40 kg ha^{-1} . Sellise optimaalse külvisenormi juures saadakse hirsi taimik, mis on võimeline andma keskmiseks hirsi saagikuseks 7,4 t ha^{-1} .



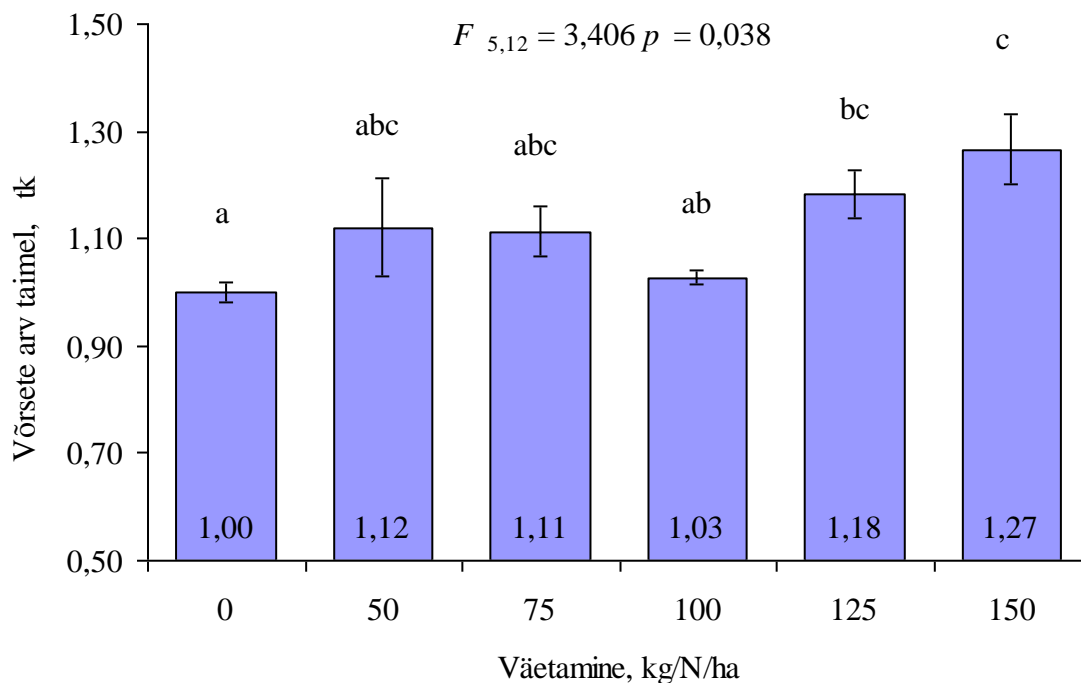
Joonis 8. Külvisenormi (kg ha⁻¹) mõju hirsi taimede saagikusele (t ha). Erinevad tähed tähistavad statistilist olulist erinevust külvisenormide vahel (Fisher LSD test, $p < 0,001$). Vertikaaljooned joonisel näitavad standardviga

3.2. Väetamise katse tulemused

2020. aasta hirsi väetamise katsest selgus statistiline seos kompleksväetisega pealtväetamisel erinevate väetusnormide ja taime võrsete arvu vahel ($F_{5,12} = 3,406$; $p < 0,05$) (joonis 9).

Katsetulemuste analüüsil selgus, et statistiliselt usutavalt väiksema võrsete arvuga (ainult peavõrse) esines väetamata (0 variant) variandi puhul ja usutavalt kõige rohkem võrseid esines, kõrgeima väetusnormi 150 N kg ha⁻¹ puhul (1,27 võrset taime kohta) (joonis 9). Ülejäänud katsevariantide vahel statistiline erinevus puudus (joonis 9).

Katsest selgus, et ainult väga kõrgete väetusnormide (N 150 kg ha⁻¹) juures moodustub hirsi taimel statistiliselt usutavalt rohkem võrseid.

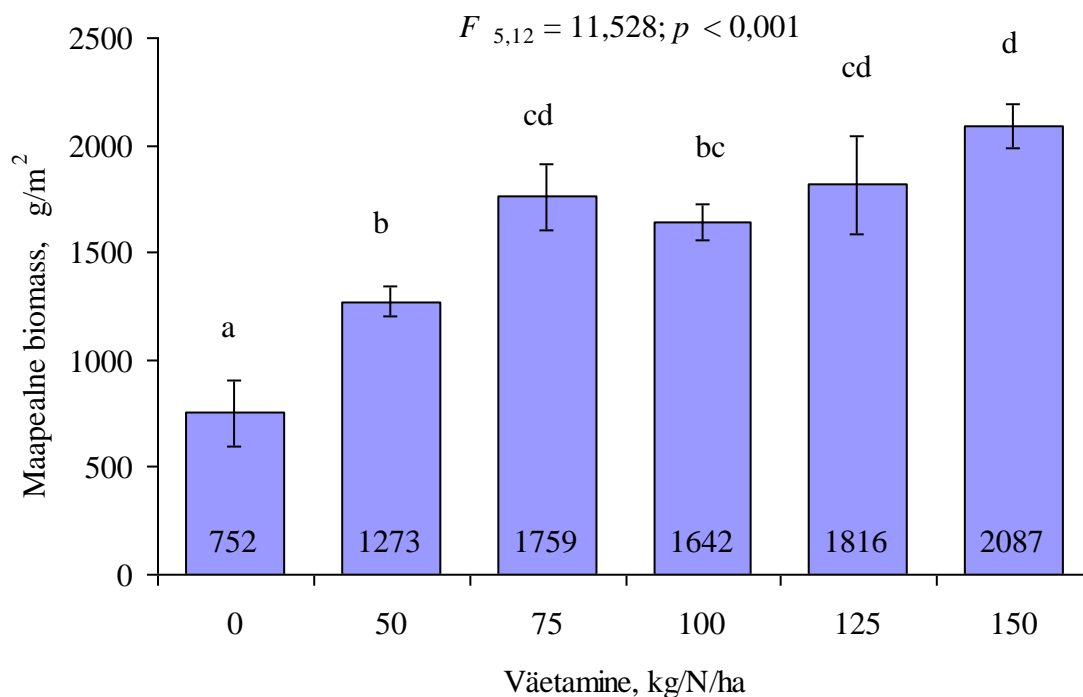


Joonis 9. Kompleksväetisega pealtväetamise (N kg ha⁻¹) mõju hirsi võrsete arvule taimel (tk). Erinevad tähed tähistavad statistiliselt erinevust pealtväetamise vahel (Fisher LSD test, $p < 0,05$). Vertikaaljooned joonisel näitavad standardviga

2020. aasta hirsi katses oli tugev seos kompleksväetisega pealtväetamisel erinevate väetisnormide kasutamisel, taime maapealse biomassi suurenemisele ($F_{5,12} = 11,528$; $p < 0,001$).

Katsetulemuste analüüsil selgus, et statistiliselt usutavalt madalama maapealse biomassiga oli kontroll variant (752 g m²) ja suurima biomassiga kõrgeima väetisnormiga variant 150 N kg ha⁻¹ (2087 g m²) (joonis 10). Statistiliselt usutavalt erinesid üksteisest enamus katsevariante. Usutavat erinevust ei esinenud vaid katsevariantide N 75 (1759 g m²) ja 125 N kg ha⁻¹ (1816 g m²) vahel. Katsevariantide kontroll (752 g m²) ja 50 N kg ha⁻¹ (1273 g m²) puhul oli maapealse biomassi vahe statistiliselt usutav (+521 g m²). Sarnaselt oli maapealne biomass oluliselt suurem variandil 75 N kg ha⁻¹ (1759 g m²) võrreldes variandiga 50 N kg ha⁻¹ (1273 g m²) (joonis 10). Suuremate väetamisenormide (N 75-150) puhul erinevused maapealses biomassis ei olnud enam suured ja statistiliselt usutavaid erinevusi ei olnud (joonis 10).

Katse põhjal selgus, et hirss reageerib mineraalsetele väetistele hästi ning suure biomassi saamiseks on vaja hirsile anda vähemalt 75 N kg ha⁻¹.

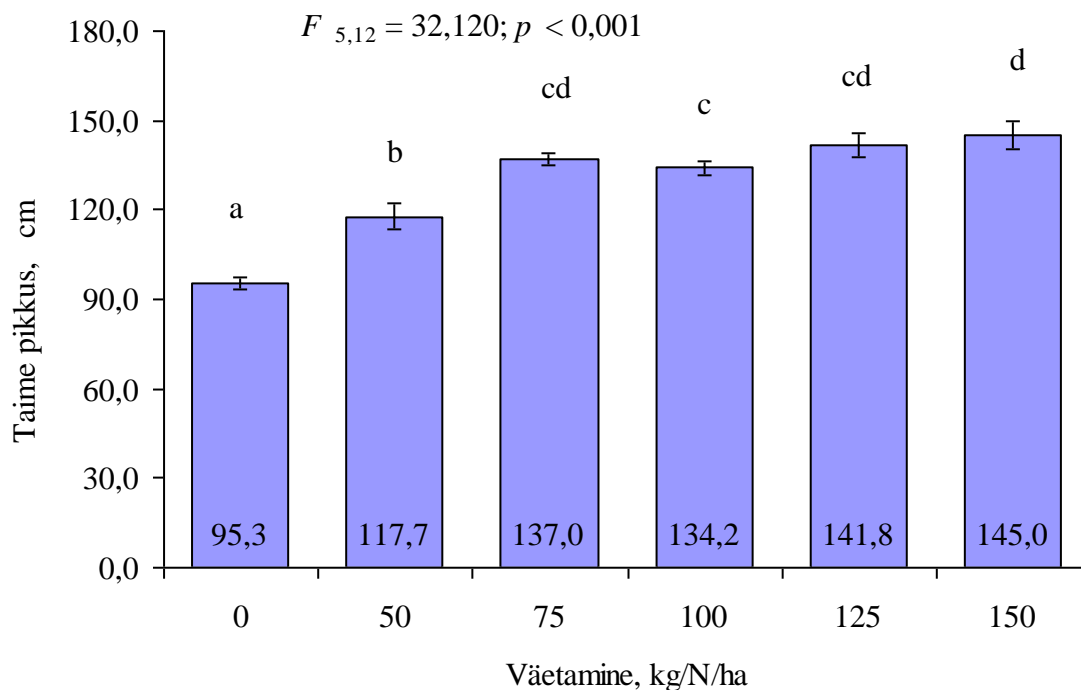


Joonis 10. Kompleksväetisega pealtväetamise (N kg ha⁻¹) mõju hirsii taimede maapealsele biomassile (g m²). Erinevad tähed tähistavad statistilist olulist erinevust pealtväetamise vahel (Fisher LSD test, $p < 0,001$). Vertikaaljooned joonisel näitavad standardviga.

2020. aasta hirsii katses oli tugev seos kompleksväetisega pealtväetamisel erinevate väetuskordade ja taime pikkuse vahel ($F_{5,12} = 32,120$; $p < 0,001$).

Kõige lühemad taimed esinesid kontroll variandis (95,3 cm) kus mineraalväetist taimikule ei antud. Pikimad taimed kasvasid väetatud katsevariandis 150 N kg ha⁻¹ (145 cm), olles kontrollvariandi taimedest 49,7 cm pikemad (joonis 11). Oluliselt pikemad olid taimed ka variandis 50 N kg ha⁻¹ (117,7 cm) võrreldes kontroll variandi taimedega ning 100 N kg ha⁻¹ taimed olid usutavalt pikemad (137,0 cm) nii N0 kui 50 N kg ha⁻¹ variandi taimedest (joonis 11).

Katseandmete põhjal võib järeldada, et väetuskordade suurenedes kasvab ka taimede pikkus, kuid stabiliseerub väetuskordal 75 N kg ha⁻¹.

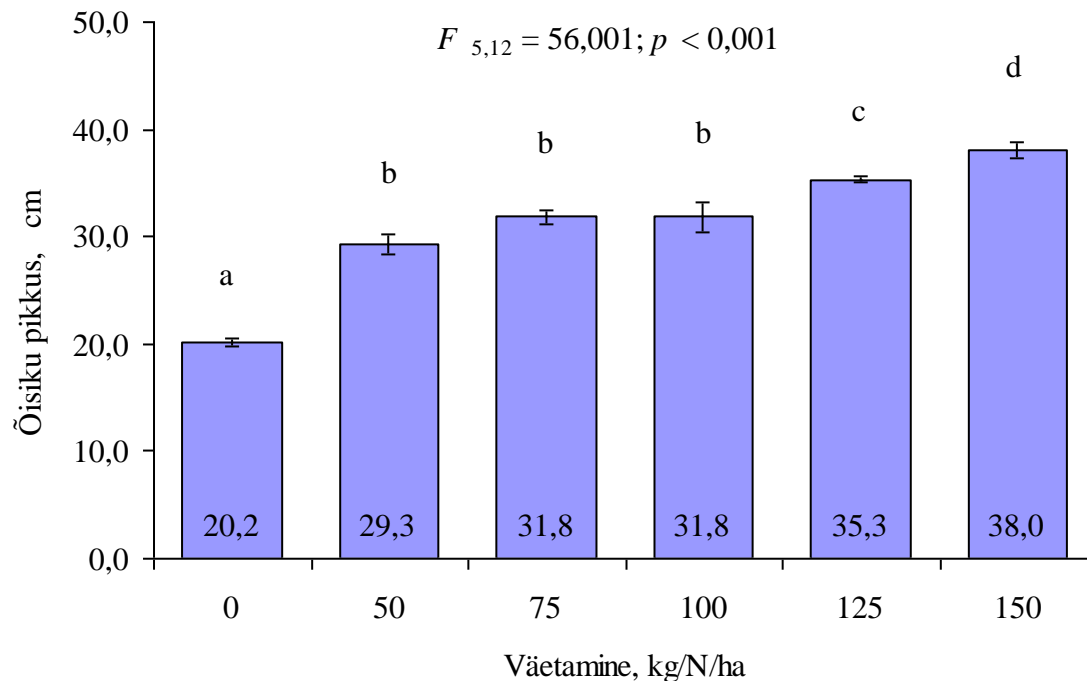


Joonis 11. Kompleksväetisega pealtväetamise (N kg ha^{-1}) mõju hirsi taimede pikkusele (cm). Erinevad tähed tähistavad statistilist olulist erinevust pealtväetamise vahel (Fisher LSD test, $p < 0,001$). Vertikaaljooned joonisel näitavad standardviga

2020. aasta hirsi katses esines tugev seos kompleksväetisega pealtväetamisel erinevate väetusnormide kasutamisel taimede õisiku pikkusega ($F_{5,12} = 56,001$; $p < 0,001$).

Väetamata kontroll variandi puhul olid taimede õisikud kõige lühemad (20,2 cm) ja pikimad õisikud (38 cm), esinesid kõige suurema väetamisnormi variandi (150 N kg ha^{-1}) puhul (joonis 12). Õisikud olid oluliselt pikemad variandis 50 N kg ha^{-1} (29,3 cm) võrreldes väetamata kontroll variandiga (+9,1 cm) (joonis 12). Variantidel 50, 75 ja 100 N kg ha^{-1} omavahelist statistilist erinevust ei olnud (joonis 12). Eelmainitud variantidest oli statistiliselt oluliselt pikemad õisikud variandi 125 N kg ha^{-1} (35,3 cm) taimedel ja sellest omakorda statistiliselt usutavalt pikemate õisikutega variandil 150 N kg ha^{-1} (38 cm) (joonis 12).

Pealtväetamine mõjutab oluliselt hirsi taime õisiku pikkuskasvu. Katsest selgus, et kõik väetatud variandid olid usutavalt pikema õisikuga kui kontrollvariant. Kõige pikema õisikuga (38 cm) oli katsevariant 150 N kg ha^{-1} , mis oli statistiliselt usutavalt pikem võrreldes teiste katsevariantidega.

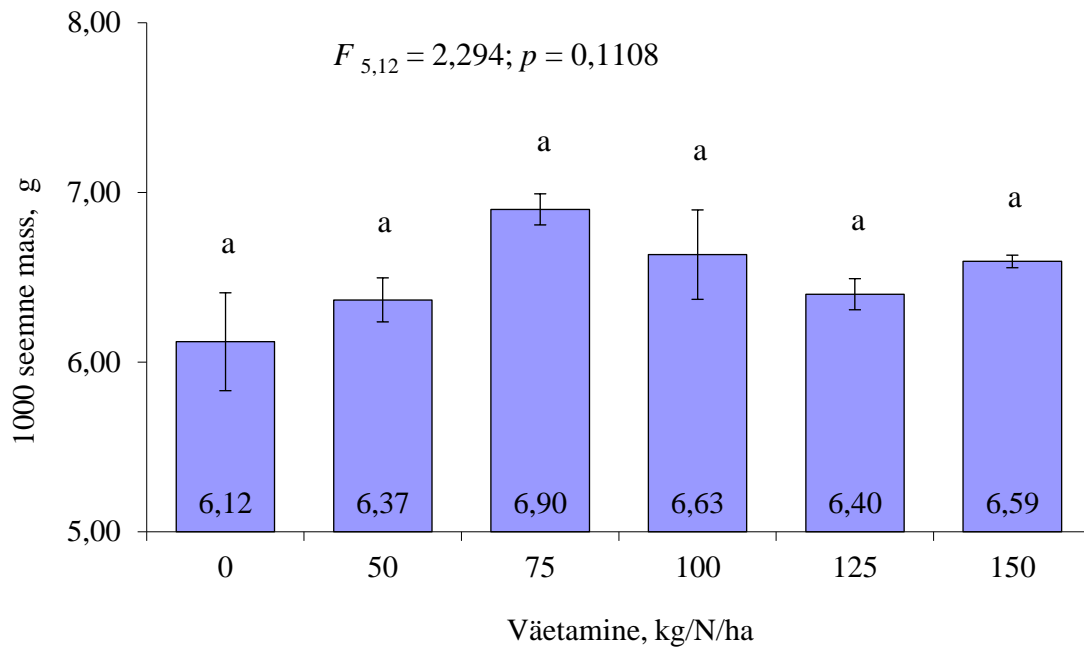


Joonis 12. Kompleksväetisega pealtväetamise (N kg ha⁻¹) mõju hirsi taimede õisiku pikkusele (cm). Erinevad tähed tähistavad statistilist olulist erinevust pealtväetamise vahel (Fisher LSD test, $p < 0,001$). Vertikaaljooned joonisel näitavad standardviga

2020. aasta hirsi katses uuriti seost kompleksväetisega pealtväetamisel erinevate väetuskorralduste ja 1000 seemne massi vahel (joonis 13).

Väikseima 1000 seemne massiga olid kontroll variandi seemned (6,1 g) ja suurimaga 75 N kg ha⁻¹ variandi seemned (6,9 g). Tuhande seemne massid varieerusid varianditi vahemikus 6,12 - 6,9 g. Statistiliselt usutavaid erinevusi 1000 seemne massil ei esinenud ($F_{5,12} = 2,294$; $p = 0,1108$) (joonis 13).

Seega, selgus katsest, et väetamise erinevad normid ei mõjutanud hirsi taimede 1000 seemne massi.



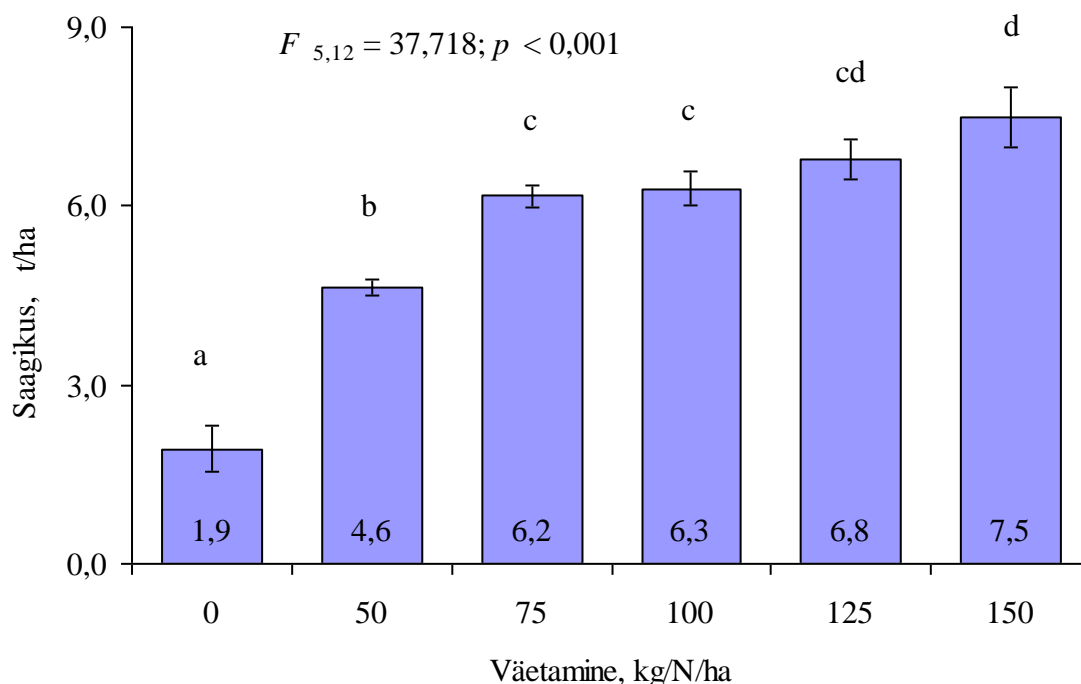
Joonis 13. Kompleksväetisega pealtväetamise (N kg ha⁻¹) mõju hirsi taimede 1000 seemne massile (g). Erinevad tähed tähistavad statistilist olulist erinevust pealtväetamise vahel (Fisher LSD test, $p < 0,2$). Vertikaaljooned joonisel näitavad standardviga

2020. aasta hirsi katsest selgus, et kompleksväetisega pealtväetamisel erinevate väetuskordade mõjutab oluliselt saagikust ($F_{5,12} = 37,718; p < 0,001$) (joonis 14).

Kõige väiksem saagikus saadi väetamata kontroll variandist (1,9 t ha⁻¹). Suurim saagikus moodustus variandil 150 N kg ha⁻¹ (7,5 t ha⁻¹), kus see oli 5,6 tonni ha⁻¹ ehk 75% kõrgem kui kontrollvariandil. Oluliselt kõrgem saak esines variandil 50 N kg ha⁻¹ (4,6 t ha⁻¹) võrreldes väetamata kontroll variandiga, kuid jäi oluliselt madalamaks võrreldes väetuskordade 75 (6,2 t ha⁻¹) ja 100 N kg ha⁻¹ (6,3 t ha⁻¹) (joonis 14). Väetus variandi 125 N kg ha⁻¹ saagikus (6,8 t ha⁻¹) ei erinenud usutavalt variantide 75 ja 100 N kg ha⁻¹ saagikustest, kuid jäi oluliselt madalamaks võrreldes kõrgeima väetuskordaga variandist (joonis 14).

Katsest selgus, et hirss reageerib mineraalsele väetamisele hästi. Suurenenud väetuskordade puhul suureneb ka hirsi saagikus usutavalt võrrelduna kontrollvariandiga. Hüppeline saagitõus saavutati väetuskordal 50 N kg ha⁻¹ võrrelduna kontrollvariandiga, kus saagikuse tõus oli 2,4 kordne. Katsest ilmnes, et väetuskordade suurenedes tõusis ka hirsi saagikuse

tase. Kõrgeim saagikus saavutati hirsil väetistasemel 150 N kg ha⁻¹. Katseandmete analüüsil selgus, et rahuldava saagi moodustamiseks tuleb hirsile anda vähemalt 75 N kg ha⁻¹.



Joonis 14. Kompleksväetisega pealtväetamise (N kg ha⁻¹) mõju hirsli taimede saagikusele (t ha⁻¹). Erinevad tähed tähistavad statistilist olulist erinevust pealtväetamise vahel (Fisher LSD test, $p < 0,001$). Vertikaaljooned joonisel näitavad standardvigaga.

3.2.1 Väetamise majanduslik efektiivsus

Katses kasutatud väetise hinnaks oli 300 €/t (Baltic Agro, 2020) ja hirsli turuhinnaks 200 €/t (Agrotender, 2021).

Soovides suurendada saagikust ja sellest saadavat tulu ning muuta tootmist efektiivsemaks on väga oluline leida igale kultuurile majanduslikult optimaalseimad väetusnormid. Samuti on see oluline keskkonna reostuse vältimiseks (Astover jt, 2006).

Majanduslik kasu väetamisest tulenevalt kasvas enim variantide 50 (451,76 € ha) ja 75 N kg ha⁻¹ (275,88 € ha). Suuremate väetusnormide juures 125 N (55,88€ ha) ja 150 N kg ha⁻¹ (95,88 € ha) oli enamsaagist tulenev kasum olemas, kuid mitte nii suur. Kahjumisse jäi enamsaagilt katsevariant 100 N kg ha⁻¹ (-24,12 € ha).

Katsetulemuste analüüsil selgus, et majanduslikult optimaalsemaks väetusnormiks osutus katsevariant 50 N kg ha⁻¹, kus hektarilt saadud kasum enamsaagilt oli 451,76 €/t.

Tabel 1. Kompleksväetisega väetamisest tulenevalt enamsaagi tulu tabel.

Väetusnorm N kg ha ⁻¹	Kompleksväetist , kg ha ⁻¹	Enamsaak , t ha ⁻¹	Enamsaagist tulenev tulu € ha ⁻¹	Enam väetise kulu € ha ⁻¹	Kasum/kahju m enamsaagilt, € ha ⁻¹
0					0
50	294	2,7	540	88,24	451,76
75	441	1,6	320	44,12	275,88
100	588	0,1	20	44,12	-24,12
125	735	0,5	100	44,12	55,88
150	882	0,7	140	44,12	95,88

3.3. Arutelu

Erinevate külvisenormide mõju hariliku hirsiga saagikusele on uuritud erinevates maailma riikides ja kuna mullastik ning kliimaatilised tingimused on igal pool väga erinevad, siis sellest tulenevalt varieeruvad soovituslikud normid külvisele suuresti (8–90 kg ha⁻¹). Küll on, aga uuringutest selgunud, et külvisenorm mõjutab oluliselt hirsiga saagikust (Turgut jt, 2006). Eestis on hirsiga uuringud algusjärgus, kuid esmased andmed näitavad samuti seost saagikuse ja külvisenormi vahel. Seega võib esialgsete uuringute põhjal öelda, et suuremate (40 kg ha⁻¹) külvisenormide puhul tuleb seemne saak oluliselt suurem (Lääniste jt, 2019). Bakalaureusetöös tehtud katsest selgub samuti, et külvisenorm mõjutab oluliselt saagikust. Bakalaureusetöös varieerusid külvisenormid 5–60 kg ha⁻¹ vahel. Katseandmete analüüsil osutus optimaalseks külvisenormiks Eestis 40 kg ha⁻¹. Suuremate külvisenormide korral hirsiga saagikus langes usutavalt.

Hariliku hirsiga väetamise kohta on tehtud erinevaid uuringuid ja on leitud, et mineraalväetised ja nende kogused mõjutavad oluliselt hirsiga taimede pikkust, saagikust, võrsumist, biomassi ning seemnete proteiinisaldust (Calamai jt, 2020; Turgut jt, 2006). Samas on katsetest selgunud, et väetamine ei mõjuta oluliselt hirsiga 1000 seemne massi (Tan jt, 2016). Eestis on varasemalt publitseeritud väetamise mõju vaid hirsiga saagile ja sealt uuringust selgus, et hirsiga taimed reageerisid hästi mineraalväetise erinevatele normidele. Hirsiga saagikus suurenes 100 kg N ha⁻¹ juures kolm korda kõrgemaks kui kontroll variandi katselapil. Uuringust selgus, et vaatamata oma pikast kasvuajast on hirssiga siiski võimalik Eestis kasvatada (Lääniste jt,

2019). Lähtudes bakalaureusetöö autori poolt läbi viidud uurimuse tulemustes on näha teatavaid sarnasusi eelnevate uurimustööde tulemustega. Autori poolt läbi viidud katses selgus, et mineraalväetistega pealt väetamine mõjutab oluliselt hirsi erinevaid saagistruktuuri elemente. Kõige enam mõjutas väetamine seemne saaki ($1,9\text{--}7,5\text{ t ha}^{-1}$) ja taime õisiku pikkust ($20,02\text{--}38\text{ cm}$). Oluliselt mõjutas mineraalväetiste andmine veel taimede pikkuskasvu ($95,3\text{--}145\text{ cm}$) ja taimede maapealset biomassi ($752\text{--}2087\text{ g m}^2$). Lisaks oli mõjutatud mineraalväetistest taime võrsete arv, kuid seda vähesel määral ($1\text{--}1,27$ võrset). Samuti nagu varasemates uuringuteski selgus, et väetamine ei mõjuta usutavalt hirsi 1000 seemne massi. Katseandmete analüüsil selgus, et rahuldava saagi moodustamiseks tuleb hirsile anda vähemalt $\text{N } 75\text{ kg ha}^{-1}$.

Väetamise ja külvisenormi koosmõjuna, on leitud, et parimaks kombinatsiooniks on külvisenorm 20 kg ha^{-1} ja väetusnorm 100 N kg ha^{-1} (Ayub jt, 2007). Autori poolt läbi viidud katse põhjal võib järeldada, et nii suurima seemne saagi kui ka biomassi saamiseks, on optimaalseim külvisenorm 40 kg ha^{-1} . Väetamise puhul saadi suurim saagikuse tase ja biomass suurima väetamise normi korral (150 N kg ha^{-1}).

Katsetulemuste analüüsil selgus, et majanduslikult optimaalsemaks väetusnormiks osutus katsevariant 50 N kg ha^{-1} , kus hektarilt saadud kasum enamsaagilt oli $451,76\text{ €/t}$.

KOKKUVÕTE

Töö eesmärgiks oli uurida Eesti tingimustes hirsi saagi struktuuri elementide kujunemist erinevate külvisi ja väetamise normide korral. Sooviti leida optimaalseid väetamise ja külvisinorme ning uuriti kultuuri kasvatamise sobivust Eesti tingimustes.

Bakalaureusetöö teemaks sai valitud hirss, kuna tegemist on Eesti mõistes uudse kultuuriga, mis on ilmastiku tingimuste ja kasvuolude suhtes vähenõudlik. Eesti tingimustes on hirssi varasemalt väga vähe uuritud. Hirsi kasvatamise uurimine on väga aktuaalne teema, kuna kliima soojeneb ja rahvastiku arv kasvab pidevalt. Seetõttu oleks hirss just sobiv kultuur, sest talub põuda ja kõrgeid temperatuure ning lisaks on hirsi seeme väga kõrge toiteväärtusega toiduallikas inimkonnale ja koduloomadele.

Bakalaureusetöö koosneb kahest osast. Esimene osa on teoreetiline ja sisaldab hirsi kasvatusnõudeid, tähtsust maailmas, agrotehnikat ja teisi eelnevalt maailmas uuritud andmete analüüsi hirsi kohta. Lühike ülevaade tehti ka hirsi kahjustajate kohta.

Uurimustöö teine osa on praktiline, mille käigus planeeriti ja rajati põldkatse ning teostati kasvuaegsed vajalikud hooldustööd (väetamised ja umbrohutõrje). Hirsi valmimisel koristati saak katsekombainiga. Kaks päeva enne katse koristamist võeti igalt katselapilt vihuproovid. Nende põhjal uuriti erinevaid saagistruktuuri elemente (taimede arvu ruutmeetril, võrsete arvu taimel, taimede maapealset biomassi taimede pikkuskasvu, õisiku pikkust, 1000 seemne massi ja saagikust erinevate külvisi ja väetamise normide võrdluses).

Töö tulemusena vastas autor küsimustele: “Milline on Eesti tingimustes, hirsi kasvatamiseks optimaalseim külvisinorm ja milline optimaalseim väetamise norm?”

Tööl oli kaks hüpoteesi. Esimeseks hüpoteesiks oli, et külvisinorm mõjutab oluliselt hirsi saaki ja kõiki saagi struktuuri elemente. Teiseks hüpoteesiks oli, et väetamine kompleks väetisega mõjutab oluliselt saaki ja kõiki saagistruktuuri elemente.

Töö tulemusena pidasid mõlemad hüpoteesid paika osaliselt. Katsetulemustest selgus, et erinevad külvisi- ja väetusnormid mõjutavad oluliselt saagikust ja enamusi hirsi saagistruktuuri elementidest. Usutavat seost ei saadud ainult 1000 seemne massi juures.

Katsetulemuste analüüsist selgus, et optimaalseks hirsi külvisenormiks Eesti tingimustes on 40 kg ha^{-1} ja väetusenormiks 75 N kg ha^{-1} . Sellise külvisenormi ja väetustaseme juures on hirss rahuldava saagikusega.

Katsetulemuste analüüsil selgus, et majanduslikult optimaalsemaks väetusenormiks osutus katsevariant 50 N kg ha^{-1} , kus hektarilt saadud kasum enamsaagilt oli 451,76 €-t.

Kokkuvõtvalt võib töö tulemuste põhjal öelda, et hirssi on Eest tingimustes võimalik edukalt kasvatada. Hirsi puhul on tegemist uue ja huvitava kultuuriga, mis vääriks edasisi uuringuid nii bakalaureusetöös käsitletud teemadel, kuid ka näiteks seemne kvaliteedi aspektides. Katsetulemustest lähtuvalt võib hirssi soovitada kasvatamiseks Eesti tootmispõldudel.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Agdag, M., Nelson, L., Baltensperger, D., Lyon, D., Kachman, S.** (2001). Row spacing affects grain yield and other agronomic characters of proso millet – *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, Vol. 32 (13-14), pp. 2021–2032.
- Agrotender. Linkor trade Ukraina. <https://agrotender.com.ua/kompanii/comp-6584> (06.05.2021).
- Amadou, I., Gounga, M. E., Le, G.W.** (2013). Millets: nutritional composition, some health benefits and processing – A review – *Emirates Journal of Food and Agriculture*, Vol. 25(7), pp. 501–508.
- Astover, A., Roostalu, H., & Mõtte, M.** (2006). Decision support system for agricultural land use and fertilisation optimisation: a case study on barley production in Estonia – *Agricultural and food science*, Vol. 15(2), pp. 77-88.
- Ayub, M., Nadeem, M.A., Tanveer, A., Tahir, A., Khan, R.M.A.** (2007). Interactive effect of different nitrogen levels and seeding rates on fodder yield and qualify of pearl millet – *Pak. J. Agri. Sci*, Vol. 44(4), pp. 592-596.
- Baltensperger, D., Lyon, D., Anderson, R., Homan, T., Stymiest, C., Shanahan, J., Nelson, L., DeBoer, K., Hein, G., Krall, J.** (1995 a). Producing and marketing proso millet in the high plains. Lincoln. University of Nebraska Cooperative Extension EC 95-137-C.
- Baltic Agro. Põllukultuuride väetised. <https://www.balticagro.ee/vaetised/vaetised-pollukultuuridele> (06.05.2021).
- Calamai, A., Masoni, A., Marini, L., Dell’acqua, M., Ganugi, P., Boukail, S., Benedettelli, S., Palchetti, E.** (2020). Evaluation of the Agronomic Traits of 80 Accessions of Proso Millet (*Panicum miliaceum* L.) under Mediterranean Pedoclimatic Conditions – *Agriculture 2020*, Vol. 10(12), pp. 578-593.
- Carson, A. G.** (1987). Improving weed management in the draft animal-based production of early pearl millet in The Gambia – *International Journal of Pest Management*, Vol. 33 (4), pp. 359-363.
- Deckers, J.A., Friessen, P., Nachtergaele, F.O.F., Spaargaren, O.** (2002). World Reference Base for Soil Resources. New York. Marcel Dekker published Encyclopedia of Soil Science, 1446-1451.
- Fital female fifty. Hirsi kasvatamine. <https://et.vitalfemalefifty.com/millet-cultivation-218294> (08.03.2021).
- Gahukar, R. T.** (2014). Potential of Minor Food Crops and Wild Plants for Nutritional Security in the Developing World – *Journal of Agricultural & Food Information*, Vol. 15(4), pp. 342-352.
- Gahukar, R. T., Reddy, G. V. P.** (2019). Management of Economically Important Insect Pests of Millet – *Journal of Integrated Pest Management*, Vol. 10 (1), pp. 1-10.

- Jan, A., Khan, I., Ali, S., Sohail, A.** (2015). Sowing Dates and Sowing Methods Influenced on Growth Yiled and Yield Components of Pearl Millet under Rainfied Conditions – *Journal of Environment and Earth Science*, Vol. 5 (1), pp. 105-109.
- Jeger, M. J., Gilijamse, E., Bock, C. H., Frinking, H. D.** (1998). The epidemiology, variability and control of the downy mildews of pearl millet and sorghum, with particular reference to Africa – *Plant Pathology*, Vol. 47 (5), pp. 544–569.
- Lääniste, P., Runno-Paurson, E., Ereemeev, V., Tõrra, T., Niinemets, Ü.** (2019). Kas hirssi (PANICUM MILIACEUM L.) võiks kasvatada Eestis – *Agronomia* 2019, lk. 90-95.
- Maun, M. A., Barret, S. C. H.** (1986). The biology of Canadian weeds. 77. *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv – *Canadian journal of plant science*, Vol. 66 (3), pp. 739-759.
- Odyssey, G. N., Frederiksen, R. A.** (1984). Use of systemic fungicides metalaxyl and fosetyl-Al for control of sorghum downy mildew in corn and sorghum in South Texas. II: foliar application – *Plant Disease*, Vol. 68 (7), pp. 608-609.
- Rao, M. V.** (1989). Small Millets in Global Agriculture. The Small Millets. Their Importance, Present Status and Outlook. Delhi. Oxford and IBH Publishing Co Pvt Ltd, 9–12.
- Reintam, E., Köster, T.** (2006). The role of chemical indicators to correlate some Estonian soils with WRB and soil taxonomy criteria – *Geoderma*, Vol. 136, pp. 199-209.
- Rezaei, E. E., Gaiser, T., Siebert, S., Sultan, B., Ewert, F.** (2014). Combined impacts of climate and nutrient fertilization on yields of pearl millet in Niger – *European Journal of Agronomy*, Vol. 55, pp. 77-88.
- Sood, S., Khulbe, R. K., Gupta, A. K., Agrawal, P. K., Upadhyaya, H. D., Bhatt, J. C.** (2015). Barnyard millet – a potential food and feed crop of future – *Plant Breeding*, Vol. 134 (2) pp. 135-147.
- Tan, M., Olak, H., Özta, T.** (2016). Effects of nitrogen doses on yield and some traits of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) in highlands – *Journal of Advanced Agricultural Technologies*, Vol. 3(4), pp. 301–304.
- Turgut, I., Duman, A., Wietgreffe, G.W., Acikgoz, E.** (2006). Effect of seeding rate and nitrogen fertilization on proso millet under dryland and irrigated conditions – *Journal of Plant Nutrition*, Vol. 29 (12), pp. 2119–2129
- Verma, V., Patel, S.** (2012). Nutritional security and value added products from finger millets (ragi) – *Journal of Applicable Chemistry*, Vol. 1(4), pp. 485–489.
- Veskimati. Hirss. <https://www.veskimati.ee/veski-mati-opetab/hirss/> (03.03.2021).

SUMMARY

The aim of the study was to study the formation of the elements of the structure of millet harvest in Estonian conditions under different sowing and fertilization norms. It was wanted to find optimal fertilization and sowing norms and to study the suitability of growing crops in Estonian weather conditions.

The topic of the bachelor's thesis was millet, because it is a new culture in the Estonian sense, which is undemanding in terms of weather conditions and growth conditions. In Estonian conditions, millet has been studied very little in the past. Research into the cultivation of millet is a very topical issue, as the climate is warming and the population is constantly growing. Therefore, millet would be a suitable crop because it can withstand drought and high temperatures, and in addition, millet seed is a very high nutritional food source for humanity and domestic animals.

The bachelor's thesis consists of two parts. The first part is theoretical and contains the requirements for millet cultivation, its importance in the world, agrotechnics and the analysis of other previously studied data on millet in the world. A brief overview of millet pests was also provided.

The second part of the research is practical, during which a field experiment was planned and built, and the necessary maintenance work during fertilization (fertilization and weed control) was performed. When the millet was ready, the crop was harvested with a test harvester. Two days before the harvest of the experiment, rain samples were taken from each test plot. Based on these, different elements of the yield structure (number of plants per square meter, number of shoots per plant, above-ground biomass of plant growth, inflorescence length, 1000 seed weight and yield) were compared in comparison with different sowing and fertilization rates.

As a result of the work, author answered the question: “What is the most optimal sowing rate and the most optimal fertilization rate for growing millet in Estonian weather conditions?”

There were two hypotheses. The first hypothesis was that the sowing rate significantly affects the millet yield and all elements of the crop structure. The second hypothesis was that fertilization with a complex fertilizer significantly affects the yield and all the structural elements of the crop.

As a result of the work, both hypotheses were valid. The experimental results showed that different sowing and fertilization standards significantly affect the elements of the millet yield structure and yield. No plausible association was obtained at 1000 seed weight alone. The analysis of the test results revealed that the optimal sowing rate of millet in Estonian conditions is 40 kg ha⁻¹ and the fertilization rate is 75 N kg ha⁻¹. At this sowing rate and fertilization level, millet has a satisfactory yield. Economic benefits at the expense of overfishing also increased with higher fertilization rates, but remained more modest. The analysis of the test results revealed that the most economically optimal fertilization standard was the experimental variant 50 N kg ha⁻¹, where the profit per hectare from the maximum yield was 451.76 €.

In summary, based on the results of the work, it can be said that millet can be successfully grown in Estonian conditions. Millet is a new and interesting culture that deserves further research on the topics covered in the bachelor's thesis, but also on aspects of seed quality, for example. Based on the test results, millet can be recommended for cultivation in Estonian production fields.

LISAD

Lisa 1. Katseskeem

Külvisenormi katse							
variandid	1	2	3	4	5	6	7
Külvisenorm kg ha	5	10	20	30	40	50	60
Väetusnormi katse							
variandid	8	9	10	11	12	13	
väetusnorm N kg ha	0	50	75	100	125	150	

Lisa 2. Lihtlitsents

Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Allar Rosenberg,

sünniaeg 14.07.1998

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö

Hirss kui uus põllukultuur Eestis,

mille juhendajad on Eve Runno-Paurson, dotsent ja Peeter Lääniste, *MSc*,

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____
(allkiri)

Tartu, 19.05.2021 _____
(kuupäev)

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

Eve Runno-Paurson
(juhendaja nimi ja allkiri)

19.05.2021
(kuupäev)

Peeter Lääniste
(juhendaja nimi ja allkiri)

19.05.2021
(kuupäev)